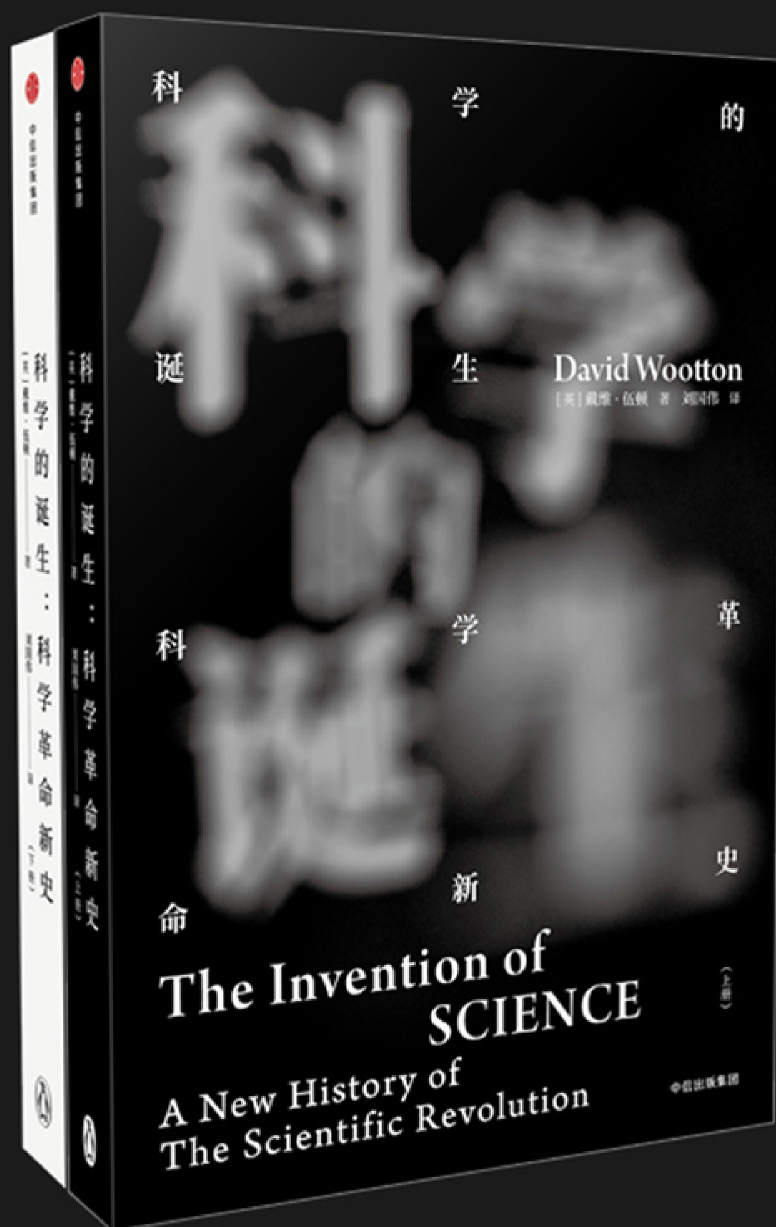
科学的诞生

（全两册）



中信出版集团

版权信息

书名:科学的诞生：科学革命新史：全2册

作者:[英]戴维·伍顿

译者:刘国伟

ISBN:9787508664859

中信出版集团制作发行



1.文艺复兴时期亚里士多德的一幅画像，来自贝诺佐·戈佐利（Benozzo Gozzoli）的《圣托马斯·阿奎纳的胜利》（*The Triumph of St Thomas Aquinas*，1471）。亚里士多德手里拿的书是他的《形而上学》（Metaphysics）。画中的文字可以翻译成："那些知道的人的一个标志是他们能够传授。"在科学革命之前，亚里士多德、盖伦和托勒密被当成了一切自然世界的知识的基础。在大学里，直到17世纪末，亚里士多德依然是教学的基础。



2.沃林福德的理查德（Richard of Wallingford，1292—1336）正在制作一种数学仪器，也许是星盘。理查德是牛津的一位数学家，圣奥尔本斯修道院院长。他制作了一些复杂的仪器，还设计了一座重要的时钟。他是中世纪最接近我们所谓的科学家的人。但是，他假定数学能够被用于解释天空，但月下世界除外。他也根本不具备实验方法概念。他的脸上布满了红点儿，与他同时代的的人认为他得了麻风病。



3.奥雷姆的手稿《天地书》中设想的地球。奥雷姆重视那种认为地球旋转的思想，因此是哥白尼的前兆。地球漂浮在空间里。球体的1/4是宜居的，但它的一半被水覆盖。剩下的1/4代表着地或未知的水。地和水一起构成了一个看似单一球体的东西。不过，它们实际上是不同的球体，中心不同。其结果是，尽管奥雷姆可以认为这个球体是旋转的，但无法允许对跖地（相距180°的陆地）的存在，赤道附近除外。



4.现存最古老的天球模型，由易卜拉欣·伊本·赛义德（Ibrâhim’Ibn Saîd）和他的儿子穆罕默德（Muhammad）于伊斯兰教纪元478年（公元1085年）在瓦伦西亚制成。阿拉伯天文学高度发

达，至少可以和任何西方天文学匹敌，直到哥白尼。实际上，哥白尼可能也采用了阿拉伯天文学家设计的技术解决方案。



5.15世纪末的一个行星定位仪和星盘。行星定位仪（右图）能够让人计算月亮（使用内轮中的一个）、水星和金星（使用另一个）、火星、土星和木星（使用第三个）的位置。这最初主要被用于占星术。



另一面的星盘（左图）计算太阳的位置，根据太阳在天空中的高度分辨出时间（前提是知道你所处的纬度），或根据太阳在正午时分的高度分辨出你所处的纬度，显示什么恒星是随时可见的，决定真北的方向。这一精妙的仪器肯定属于一位数学家。除非旅行，否则他主要用它来分辨时间。这样的仪器无论制作得多么精妙，也无法有效地进行精确的测量和计算，来检验托勒密天文学的局限。



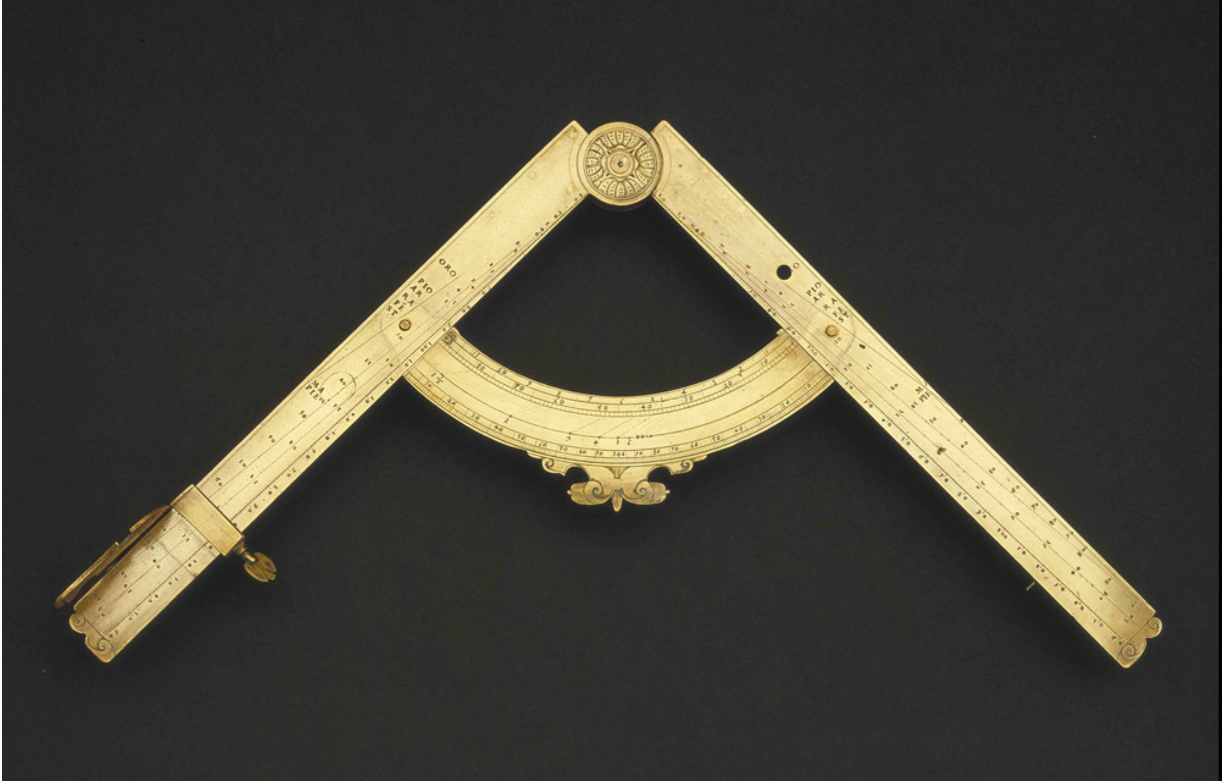
6.瓦尔德泽米勒的1507年世界地图。它首次包含了“美洲”这个名称，首次实际上把新世界显示为一个新大陆，首次显示了对跖地。这幅地图在摧毁两球体理论方面起到了关键作用，使哥白尼学说成为可能。地图顶端是托勒密（他面前是一幅旧世界地图）和韦斯普奇（他面前是一幅新世界的地图）的画像。


PLANISPHÆRIVM
Sive
ORBIVM MVNDI
PTOLEMA-
NO DI-
PTOLEMAICVM,
Machina
EX HYPOTHESI
ICA IN PLA-
SPOSITA.
SEPTEM
PLANETARVM
ORBES
VIA SOLIS CIRCVLVS
ORBITA IOVIS
CIRCVLVS MARTIS
ORBIS LVNÆ
ITER MERCVRII
CIRCVLVS VENERIS
CVRRICVLVM SATVRNI

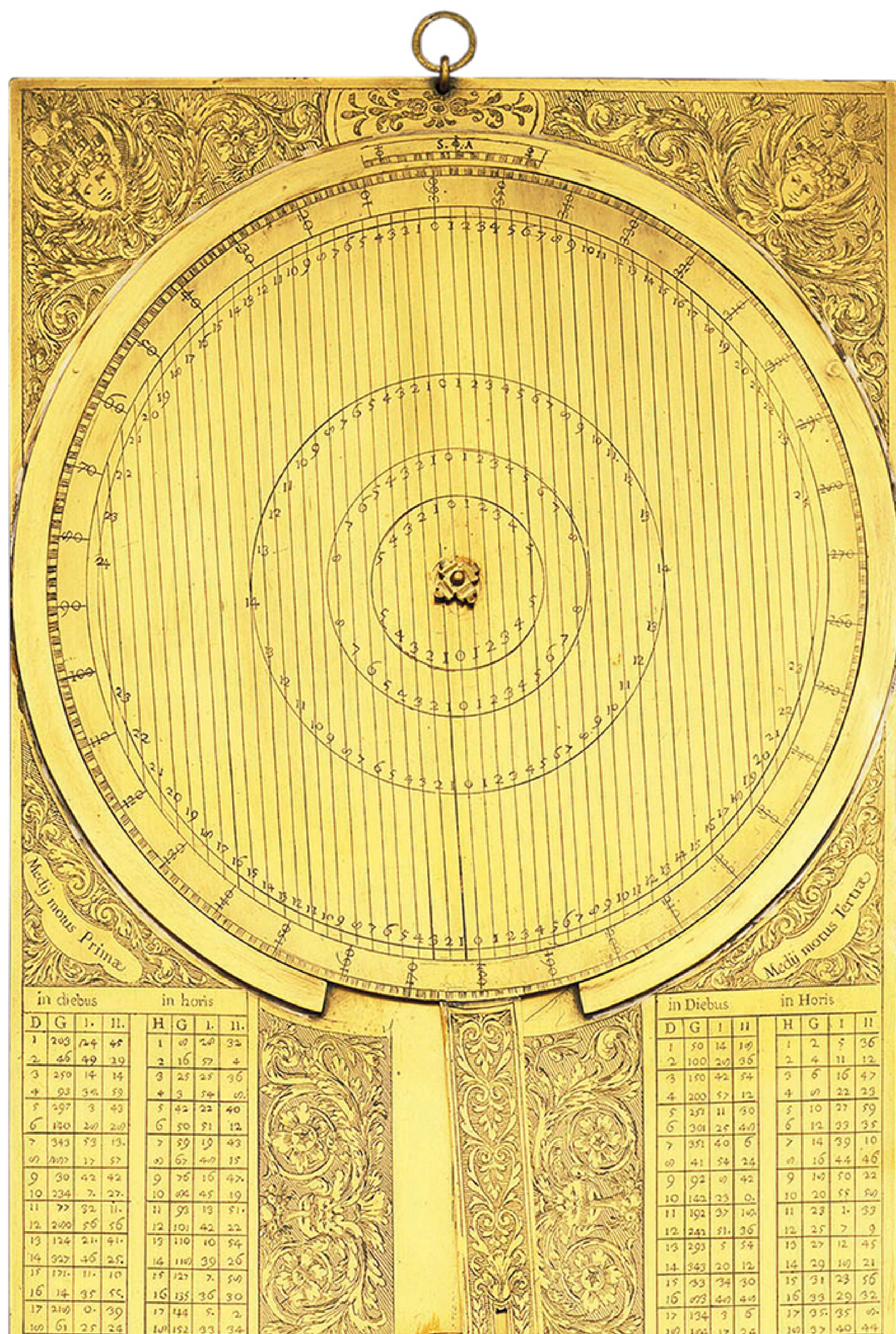

PLANISPHÆRIVM
Sive
VNIVERSI TOTIVS CREATI
EX HYPOTHESI
COPERNICANA IN
PLANO EXHIBITVM.
COPERNICANVM
Systema

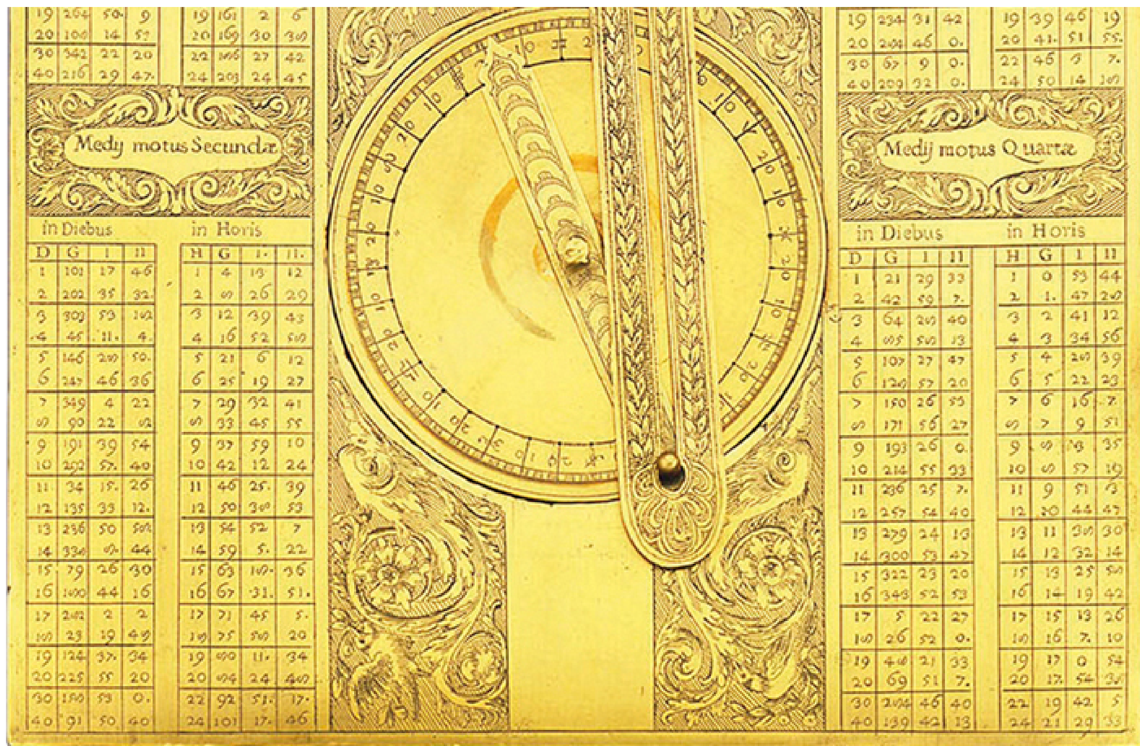


7.托勒密体系、哥白尼体系、第谷体系，来自塞拉里厄斯（Cellarius）的《宇宙的和谐》（*Harmonia macrocosmica*，1660）。《宇宙的和谐》是一本星图集。托勒密体系（左页，上）显示，地在中心，向外依次是气、火、月亮、水星、金星、太阳、火星、木星、土星球体和黄道十二宫。哥白尼体系（左页，下）显示，太阳居中，向外依次是水星、金星、地球、月亮、火星、木星及其卫星、土星和固定的行星。第谷体系（上）显示，月亮和太阳绕着地旋转，行星（以及被显示的木星的卫星）绕着太阳旋转；但是，图中文字暗示，外层行星不绕着太阳转，而是绕着地转。这些实际上是第谷体系的两个替代版本。当时，托勒密体系已成为历史（它之所以没有得到更新，以显示木星的卫星，原因就在于此），但哥白尼体系和第谷体系都有其倡导者。



8.伽利略的军用几何圆规。在帕多瓦大学任教期间，伽利略教青年绅士使用圆规的方法，收入颇丰（在英语中，比例圆规或军用圆规通常被称作两脚规）。这种普通的仪器在17世纪初很常见，但伽利略的圆规是专门为他制作的，并且可能是最复杂的。给它加上一个瞄准装置，就可以测量遥远物体的海拔。给它加上一根铅垂线，就可以测量一门大炮的炮筒仰角。两个脚上的刻度可以被用于数学计算，例如一种货币可以被兑换成多少另一种货币，一定体积的木头有多少板尺。因此，伽利略的两脚规是一种原始的把经纬仪、计算尺、量角器合二为一的仪器。正如星盘体现了中世纪数学在天空上的运用，两脚规体现了数学家让自己适应世界的新技巧。


Medij motus Primæ
Medij motus Tertiæ
in diebus
in horis
in Diebus
in Horis



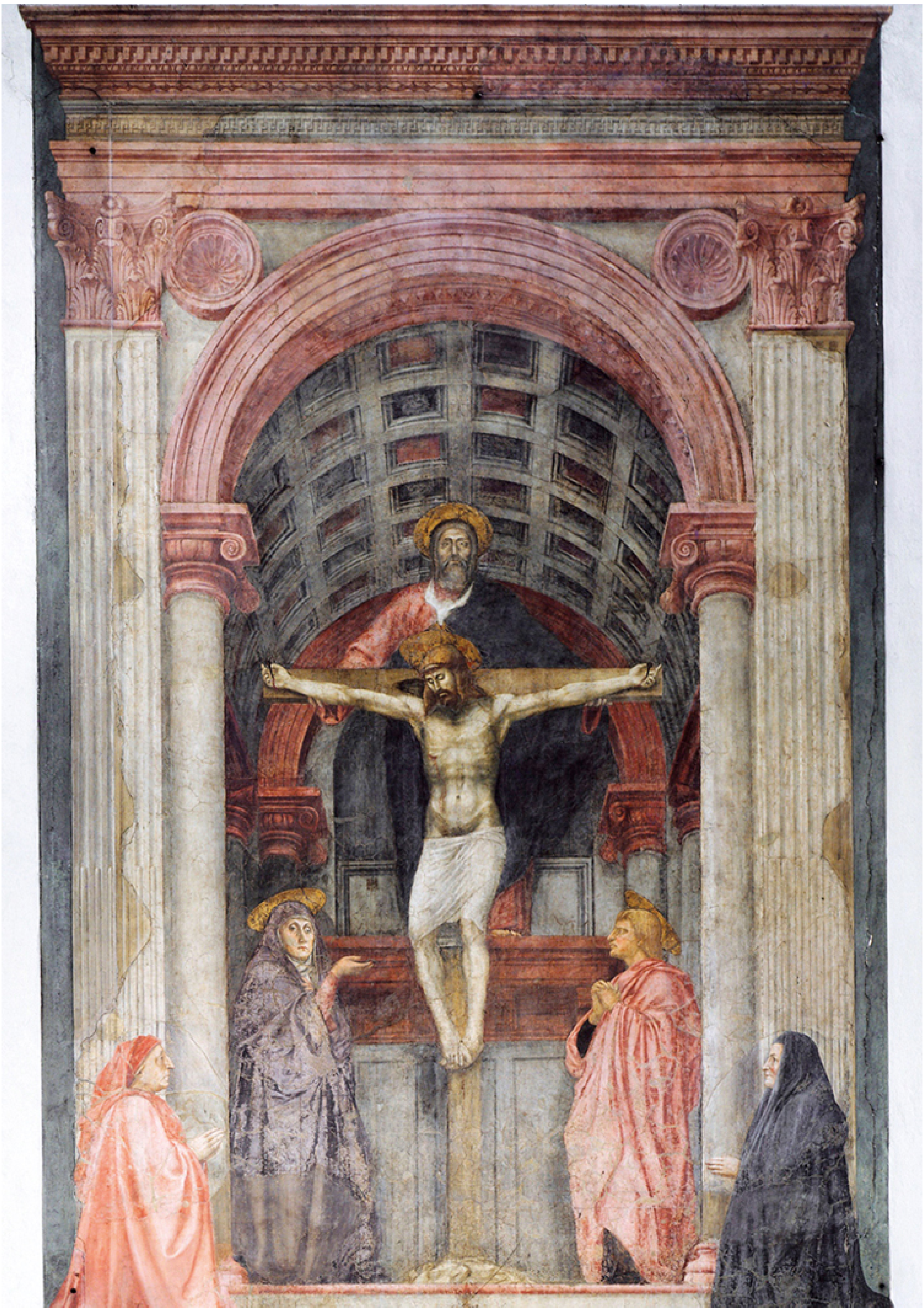
9.这种17世纪的仪器被称作伽利略的木卫仪，被用于预言木星的卫星的位置。伽利略肯定发明过这样一种仪器。这种仪器后来在17世纪很常见，被卡西尼氏、罗默和哈雷用来精确预言那些卫星的位置，从而计算经度。木卫仪可以在不需要无休止的计算或丧失精确性的情况下，使人们能够模拟一种高度复杂的理论体系。



10.乔托的《向圣安妮报喜》，来自帕多瓦的斯科洛沃格尼教堂。这幅画依赖深度感的成功创造。但是，要注意，顶梁没有朝着一个灭点聚集，空间相当模糊。例如，如果从门口进入室内，你会发现自己在哪儿呢？尽管乔托完全有能力制造一个几何上清晰的空间，但这不是他首先关注的东西。他从质的角度看世界，而非从量的角度看世界。



11.安布罗焦·洛伦泽蒂于1344年创作的《天使报喜》。它最初位于锡耶纳的市政厅里，是空间的几何表现一个非常早期的例子。铺着瓷砖的地板确立了一种空间框架，不过这并没有被保持在玛丽和天使的身体内，也没有被保持在那座建筑里。洛伦泽蒂描绘了玛丽怀孕的时刻。天使说："上帝说什么，就是什么。"





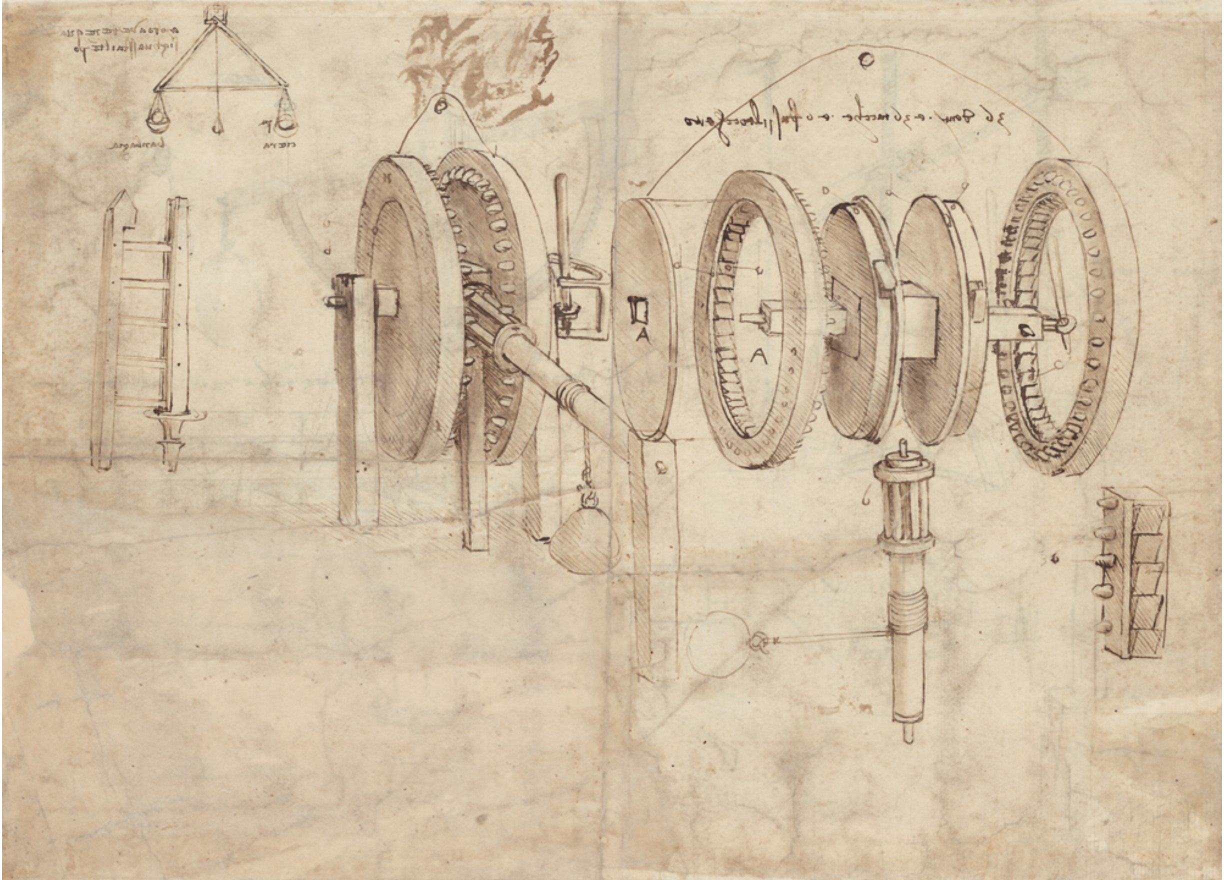
12.马萨乔于1425年创作的《三位一体》。它位于佛罗伦萨的圣塔玛莉亚诺维拉内，是现存最早的严格透视绘画，并且显然依靠了布鲁内列斯基的研究。这幅壁画前原本有一个圣坛，标志着上部和下部之间的过渡。在灰泥上，马萨乔为了按照几何原则划分构图所画的线依然清晰可见。



13.弗拉·安吉利科（Fra Angelico）于1451年创作的《天使报喜》（*Annunciation*）。天使对玛丽说，她即将怀孕。远处的那扇门既代表着玛丽的子宫的入口，也代表着天堂之门。在这幅画作及14、17两幅画中，亚里士多德哲学所理解不了的灭点被神秘地隐藏了，显示了艺术家对数学和哲学之间的冲突非常敏感。



14.皮耶罗·德拉·弗兰切斯卡大约于1470年创作的《天使报喜》，来自《圣安东尼奥的政治》（*Politico di Sant'Antonio*）。皮耶罗既是数学家，也是画家，显示了他对透视错觉的全面把握，使用灭点传达了上帝的不可理解性。



15.莱昂纳多·达·芬奇用透视画法绘制的棘轮，带有结构图解，来自《亚特兰梯库斯刻本》（*Codex Atlanticus*，1478—1519），展示了透视画法改变工程的能力。



16.莱昂纳多的“透视画制图器”，也来自《亚特兰梯库斯刻本》。艺术家透过一个小洞，看着他想画的物体。小洞和物体之间有一块玻璃板，他可以在玻璃板上画出物体的轮廓。玻璃板因而相当于显像面，在它上面绘制的图像随后可以被复制到另外一个平面上。当布鲁内列斯基制作第一幅精确的透视画时，采用的也许正是这一技术。



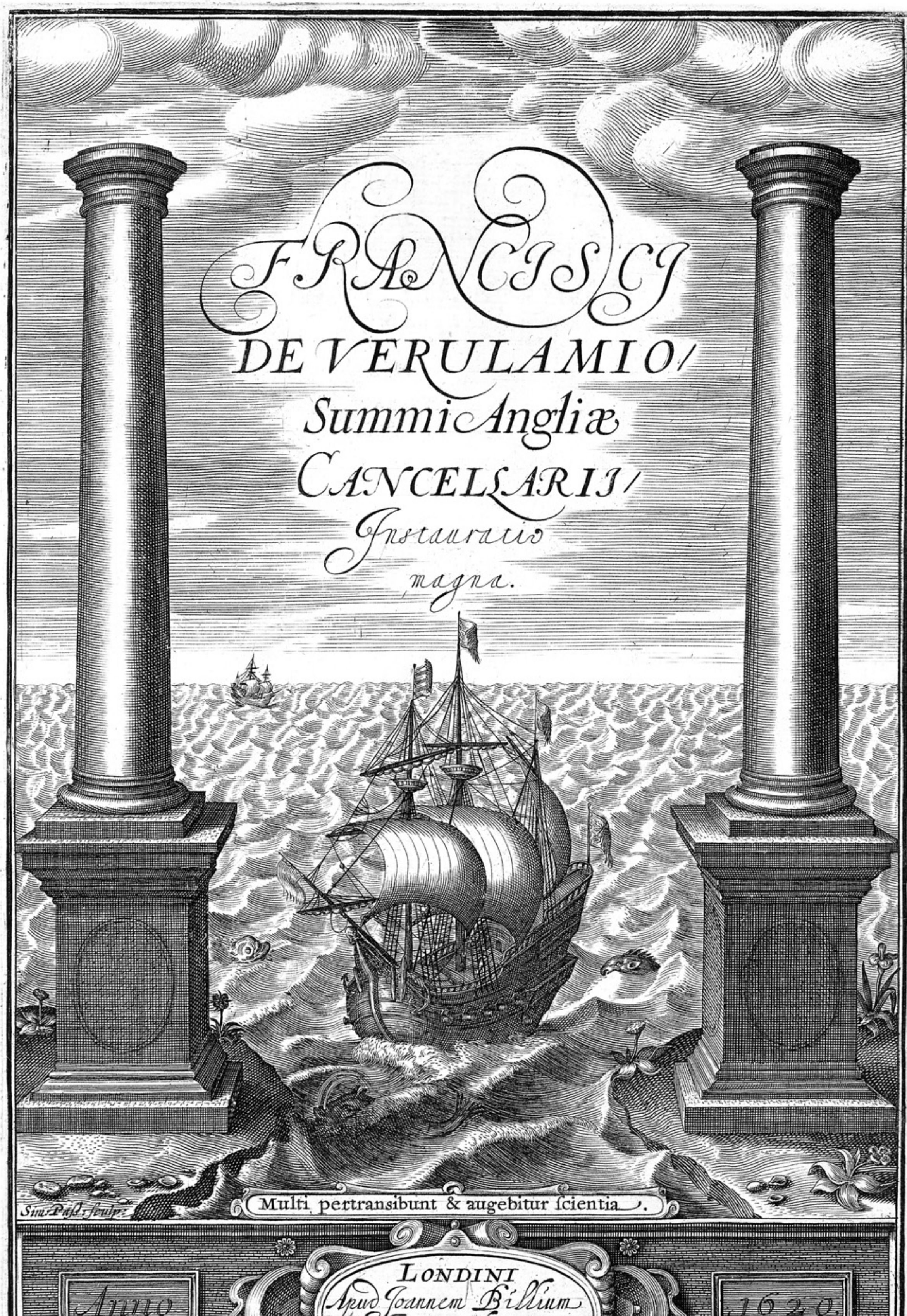
17.一幅理想城市图，绘制于1470年之后，作者不详[也许是弗拉·卡尔内瓦莱，或弗朗西斯科·迪·乔治·马尔蒂尼（Francesco di Giorgio Martini）]，并且显然是受了乌尔比诺的费德里科·达·蒙泰费尔特罗（Federico da Montefeltro）公爵的委托而绘制的。整幅绘画把观者的注意力集中在了灭点上，然后开玩笑地将其隐藏在了一扇半开的门的后面。透视的完全数学化与对纯数学世界的不可能性的暗示结合了起来。



18.卢卡·帕乔利的肖像，其作者往往被错误地认为是雅各布·德·巴尔巴里，显然创作于1495年（桌上的一个纸片透露了日期）。帕乔利正在讲授欧几里得几何，他自己的一本数学书处在右侧前景中。文艺复兴时期就是这么教数学的，其实在此后数百年也是如此。



19.安东尼·凡·戴克（Anthony van Dyck）绘制的凯内尔姆·迪格比的肖像。迪格比是霍布斯的朋友，皇家学会创始会员，在推广“fact”一词上扮演了关键角色。向日葵是坚贞的象征。画中的迪格比在为他的妻子维妮夏（Venetia）服丧，她于1633年突然死亡。向日葵跟着太阳转的能力是无法用亚里士多德的观点来解释的，迪格比将其（以及磁性、武器药膏）呈现为新实验科学所应对的问题的一个范例。


FRANCISCI
DE VERULAMIO,
Summi Angliæ
CANCELLARIJ,
Instauratio
magna.
Multi pertransibunt & augebitur scientia.
Sim: Pass: sculp:
LONDINI
Apud Joannem Billium
Anno
1620.



上图为弗朗西斯·培根（Francis Bacon）所著《新工具论》（*Novum organum*，1620）的书名页。在这个书名页上，一艘船在探索未知世界后，驶过了赫拉克勒斯之柱（被认定为直布罗陀和北非之间的海峡，是地中海通向大西洋的门户）。

献给艾利森（Alison）

Hanc ego de caelo ducentem sidera vidi

（我看见她从天空摘下了星星）

——提布鲁斯（Tibullus），《挽歌》（Elegies），I.ii

“我找到了！”

——阿基米德（Archimedes，前287—前212）



沐浴中的阿基米德，彼得·弗龙特纳（Peter Flötner，1490—1546）所作版画，来自维特鲁维斯·托伊奇（Vitruvius Teutsch）的首个德文译本。该译本由约翰内斯·佩特莱乌斯（Johannes Petreius）于1548年在纽伦堡出版。位于前景右侧的是希罗（Hiero）的王冠。

上册

引言

这是一个哲学浩浩荡荡而来的时代。逍遥学派也许仍想制止这一潮流，或者［和薛西斯（Xerxes）一起］给海洋套上脚镣，以阻碍自由哲学的泛滥。我想，我明白旧垃圾何以必须被丢掉，破败的建筑何以必须被推倒，并且它们何以必须被浩浩洪水冲走。在当今这个时代，我们必须为一种更壮丽的哲学奠定新的基础，使其永远不会被推翻。这一哲学将根据经验和感觉来考察自然诸现象，从自然界各种原物中推导出事物的原因，因为根据我们的观察，它在技术上是可以制作的，是机械学确凿无疑的证明。毫无疑问，这是创建一种真正的、永恒的哲学的途径，舍此无他……

——亨利·鲍尔（Henry Power），《实验哲学》

（*Experimental Philosophy*），1664

现代科学是于1572—1704年被发明的。1572年，第谷·布拉赫（Tycho Brahe）观测到了一颗新星；1704年，牛顿出版了他的《光学》（*Opticks*）。该著作证明白光是由彩虹的七色光构成的，你可以用一面棱镜将它分成它的构成色彩；色彩是光所固有，并非物体所固有的。虽然在1572年以前，存在一些我们称作“科学”的知识体系，但只有天文学的运作略似于现代科学。天文学拥有一些基于大量证据的复杂理论，因此能够做出可靠预测。在1572年后的那些年里，被首先改造成了真正的科学的，也正是天文学。在1572年后的那些年里，是什么让天文学成了一门科学的呢？它拥有一个研究项目、一个专家团体，准备根据新的证据，质疑每一种久负盛名的定论，如天空中不可能有变化，天空中的所有运动都是圆周运动，天空由一些水晶球体构成。天文学指引向哪里，其他新科学就跟到哪里。

要想确立这一主张，我们就要审视1572—1704年发生的情况。我们还要向后看，审视1572年之前的世界；向前看，审视1704年之后的世界。我们也要应对一些方法论的讨论。第6—12章涉及1572—1704年之间的核心时期，这是本书的主体部分。第3、4、5章主要审视1572年以前的世界。第13、14章既审视稍早于1704年的世界，也审视稍晚于1704年的世界。第2、15、16、17章涉及的则是历史编纂学、方法论和哲学。

引言包含的两章为随后的一切奠定了基础。第一章简要提示这本书的主要内容。第二章解释了“科学革命”思想的由来、某人认为不存在科学革命的原因，以及为什么科学革命是历史分析的合理范畴。

第一章　现代思维

培根无疑比莎士比亚更具有现代思维。培根拥有一种历史感，认为他所处的时代，也就是17世纪，是科学时代的肇端。他希望消除对亚里士多德文本的膜拜，用对自然的直接观察取而代之。

——豪尔赫·路易斯·博尔赫斯（Jorge Luis Borges），

《莎士比亚之谜》（*The Enigma of Shakespeare*），1964

1

我们生活于其中的世界比你料想的要年轻得多。制作工具的人在地球(注)上存在了约200万年。我们的物种，也就是智人，出现在20万年前。制陶工艺可以追溯至约2.5万年前。在科学革命之前，人类历史上最重要的变革是新石器革命。但是，它发生的时间较晚，在1.2万—7000年之间。正是在那时，动物被驯化，农业开始发展，石制工具开始被金属工具取代。自人类第一次不再是猎人—采集者以来，大约已经更替600代人。第一艘帆船可以追溯至约7000年前，文字的起源也是如此。那些接受了达尔文进化论的人也许会对《圣经》年表嗤之以鼻，因为《圣经》年表把创世放在了6000年前。但是，我们称作有史人类（留下了书面记录的人）——与考古人类（只留下了人工制品的人）相对的人类存在的时间大约只有那么长，约300代人。如果要给“祖父母”前面加上“曾”这个字，那么只能填满半张印刷页多一点儿。这是人类历史的真实长度。在此之前，有200万年的史前史。

在谈到加利福尼亚的奥克兰时，格特鲁德·斯泰因（Gertrude Stein，1874—1946）说，那里“没有那里在那里”。意思是说，它是崭

新的，是一个没有历史的地方。她更喜欢巴黎。她对奥克兰的看法是错的，因为人类已经在那里生活了约两万年。但是，她也是对的，因为那里的生活太轻松了，不需要发展农业，更别提书写了。只是在1535年后，栽培植物、马和金属工具才随着西班牙人来到此地。（加利福尼亚是个例外。在南、北美洲其他地方，玉米的栽培可以追溯至1万年前，与世界上任何地方的任何农作物的栽培一样久远；文字书写则可以追溯至3000年前。）

因此，与200万年制作工具的历史相比，我们生活于其中的世界几乎是崭新的。当然，有些地方比另外一些地方旧一点儿。在新石器革命之后，变化的速度很慢，几乎就像爬行。在接下来的6500年里，有几项值得注意的技术进步，例如水车。但是，直到400年前，技术变革都步履迟缓，且经常倒退。阿基米德（Archimedes，前287—前212）的所作所为让罗马人感到震惊。15世纪的意大利建筑师考察了古罗马荒废的建筑，相信他们正在研究一个比他们自己的文明伟大得多的文明。没有人想象得到，人类的历史可以被设想成一种进步史。然而，仅仅三个世纪后，到了18世纪中期，进步就已经开始显得不可避免，以至于要追溯进步至以前的整个历史。与此同时，某种不同凡响的情况发生了。17、18世纪的科学取得的进步是此前的知识体系无法企及的。那么，是什么促成了这种情况呢？我们现在拥有、而古罗马人和他们的文艺复兴崇拜者不曾拥有的东西是什么呢？ 注

当威廉·莎士比亚（William Shakespeare，1564—1616）创作《裘力斯·恺撒》（*Julius Caesar*，1599）时，他犯了个小错误，提到了时钟敲响。其实，古罗马没有机械钟。在《科利奥兰纳斯》（*Coriolanus*，1608）中，他提到了罗盘上的方位。但是，古罗马人没有航海罗盘。这些错误显示，当莎士比亚及其同时代的人阅读古罗马作家的作品时，他们不断读到关于古罗马人乃异教徒、非基督徒的提示，但几乎没有人告诉他古罗马和文艺复兴之间的技术差距。古罗马人的确没有印刷机，但他们拥有很多书籍，也拥有很多抄录它们的奴

隶。他们的确没有火药，但他们拥有以抛石机形式出现的大炮。他们的确没有机械钟，但他们有日晷和水钟。他们的确没有能在风中航行的大帆船，但在莎士比亚的时代，地中海中的战斗仍然是通过桨帆船（用桨划动的船只）进行的。当然，在诸多实用方面，古罗马人比伊丽莎白时代的人要先进得多，比如更好的公路、中央供暖、像样的浴室。莎士比亚极其敏感，把古罗马想象成和他那个时代的伦敦十分相似，只是古罗马人沐浴着阳光，穿着宽大的长袍。他和他同时代的人没有理由相信进步。“对莎士比亚来说，”豪尔赫·路易斯·博尔赫斯（1899—1986）说，“在众多作品中，所有人物都被当作了莎士比亚同时代的人，无论他们是哈姆雷特那样的丹麦人、麦克白那样的苏格兰人，还是古希腊人、古罗马人或意大利人。莎士比亚感受到了人的多样性，但没有感受到历史时代的多样性。对他来说，历史是不存在的。”博尔赫斯的历史观是现代的历史观。莎士比亚非常了解历史，但缺乏历史变化不可逆转的观念（与他同时代的弗朗西斯·培根则不然，培根已经明白了科学革命可能实现的东西）。

我们或许认为，火药、印刷术和1492年美洲的发现应该促使文艺复兴时期获得一种过去一去不复返的感觉，但受过教育的人只是逐渐才认识到，这些关键创新带来的结果不可逆转。人们只是后来才明白，它们象征着一个新时代。启蒙运动之所以坚信进步已变得不可阻遏，科学革命自身是主要原因。到了18世纪中期，莎士比亚的时间感已经被我们自己的时间感所取代。本书之所以驻足于此，不是因为科学革命此时已经结束，而是因为到了此时，情况清晰地表明，一个势不可当的变革过程已经开始。牛顿主义的胜利标志着科学革命的初级阶段的终结。

2

为了把握这场革命的规模，让我们暂时回到1600年，选取一个典型的受过良好教育的欧洲人。虽说我们将从英国选取某个人，但其实

从别的任何一个欧洲国家选取，也没多大差别。这是因为，在1600年，他们拥有的知识文化完全一样。这个人相信巫术，可能读过苏格兰王詹姆斯六世（James VI，未来的英国国王詹姆斯一世）的《魔鬼学》（*Daemonologie*，1597）。就魔鬼的代理人施加的威胁，《魔鬼学》描绘了一幅令人惊恐、容易让人相信的图画。(注)这个人相信巫婆能够掀起风暴，使海上的船只沉没。詹姆斯差点儿就在这样一场风暴中丧命。这个人相信有狼人。尽管英国碰巧没有狼人，但他知道它们将在比利时被发现［16世纪法国伟大的哲学家让·博丹（Jean Bodin）是这方面公认的权威］。他相信喀耳刻真的把奥德修斯的船员变成了猪，相信老鼠是在干草堆里自然产生的。他相信同时代的魔法师，听说过约翰·迪伊（John Dee）。他可能还听说过尼特西姆的阿格里帕（Agrippa of Nettesheim，1486—1535）。阿格里帕的黑狗"先生"被认为是一个伪装的魔鬼。如果他生活在伦敦，那么他也许认识那些曾向西门·福曼（Simon Forman）咨询的人。福曼是执业医师和占星家，曾利用魔法帮助他们找回了被偷的物品。他曾经看见独角兽的角，但没有见过独角兽。

他相信，如果谋杀者在场，被谋杀的人的尸体会流血。他相信，如果把一种油膏抹在造成伤口的匕首上，伤口会愈合。他相信，就植物的药性来说，植物的形状、颜色和口感可以提供线索，因为上帝之所以设计自然，就是为了让男人解释。他相信能够把常见金属转化成黄金，不过他怀疑是否有人知道怎么做。他相信自然厌恶真空。他相信彩虹是来自上帝的征兆，彗星预示着罪恶。他相信，如果我们知道如何释梦，那么梦就能预言未来。他当然相信"地"静止不动，太阳和星星每24小时绕着"地"转一圈儿。他听别人提起过哥白尼，但他不敢想象他会把哥白尼以太阳为中心的宇宙模式当真。他相信占星术，但由于他不知道他出生的准确时间，于是他认为，即使是最专业的占星家，也几乎讲不出多少他在书籍中找不到的东西。他相信亚里士多德（Aristotle，公元前4世纪）是有史以来最伟大的哲学家，普林尼（Pliny，公元1世纪）、盖伦（Galen）和托勒密（Ptolemy）分别是自

然历史、医学和天文学的最佳权威。他知道这个国家有耶稣会士，据说他们正在表演奇迹，但他怀疑他们是骗子。他拥有20多本书。

过不了几年，变化就会发生。1611年，在谈到前一年伽利略用他的望远镜取得的发现时，约翰·邓恩（John Donne）宣称“新哲学使一切都受到质疑”。“新哲学”是威廉·吉尔伯特（William Gilbert）创造的流行语。1600年，他出版了600年来首部重要的实验科学著作。注对邓恩来说，“新哲学”就是吉尔伯特和伽利略的新科学。他的诗行汇聚了构成那个时代新科学的关键元素，其中包括对太空中的新世界的寻找、亚里士多德对天地之间的区分的破灭、卢克莱修（Lucretian）的原子论：

新哲学使一切都受到质疑，

火元素被彻底扑灭，

太阳已失，人的智慧无法指引他

到哪里寻找地。

人们坦率地承认，在行星和苍穹中，

这个世界悬着。

他们找到了那么多的新东西，他们看到

这再次被粉碎成了他的原子。

一切都破碎了，一切的联系都已消失，

一切的关系都刚刚被取代：

君王、臣民、父亲、儿子，都被遗忘，

因为每个单独的人都认为，

他将成为一只凤凰，然后除了他，

任何人都将不再属于他所属的那类。

邓恩接着提及了航海发现和随之产生的新商业，提到了使那些航海成为可能的罗盘，以及与罗盘密不可分的磁性——磁性是吉尔伯特的实验对象。

邓恩怎么知道新哲学的情况呢？他怎么知道它涉及了卢克莱修的原子论？㊟虽然有认识伽利略的人声称伽利略私下里明确表示认同原子论，但伽利略从未在其出版的著作中提到它。至于吉尔伯特探讨原子论，其实是为了拒绝它。邓恩怎么知道，新哲学家在寻找新世界的问题上，不仅认为各行星是一个一个的世界，还在太空其他地方寻找别的世界？

邓恩很有可能在威尼斯或帕多瓦见过伽利略，时间则可能是1605或1606年。㊟在威尼斯期间，邓恩与英国大使亨利·沃顿（Henry Wotton）爵士住在一起。沃顿当时正为一个苏格兰人的获释奔走。这个苏格兰人是伽利略的朋友，因为与一名修女发生性关系（一种原本应该被判处死刑的罪行）而被囚禁。邓恩或许见过伽利略并与之交谈过，或者与伽利略讲英语的学生交谈过。他似乎肯定见过伽利略的密友保罗·沙尔皮（Paolo Sarpi）。在英国时，邓恩或许也见过托马斯·哈里奥特（Thomas Harriot）和吉尔伯特。哈里奥特是一位伟大的数学家，显然注意到了原子论。㊟除了伽利略的《星际信使》（*Sidereus nuncius*，或*Starry Messenger*，1610），或作为上述著作的替代，他可能还读过开普勒的《与伽利略的星际使者的对话》（*Conversation with Galileo’s Starry Messenger*，1610）。开普勒的著作包含了伽利略谨慎避谈的众多关于其他世界的激进思想。

还有另外一种可能。邓恩有一本尼古拉斯·希尔（Nicholas Hill）的《伊壁鸠鲁的哲学》（*Epicurean Philosophy*，1601；卢克莱修的哲学与伊壁鸠鲁的哲学一脉相承）。这本书以前属于邓恩和莎士比亚共同的朋友本·琼生（Ben Jonson），现在保存在中殿图书馆。（中殿是伦敦的一个律师会馆。）这本书最初是由剑桥基督学院的一位董事购买，它的封面上盖着学院的印章。它的第一个主人曾计划认真研读它，也许是想写一篇驳论或一篇评论，因为它里面订着交替出现、可以记笔记的空白页。（那些页面现在依然空着。）它是被送给了琼生或邓恩，也可能是琼生或邓恩借了没还。或者，我们不知道。我们只知道谁都没有高度重视希尔。据说，他的著作“充满了铿锵的话语，但内容乏善可陈”，文字“幽默（就是说，滑稽可笑）、晦涩”。与哲学相比，对希尔的著作的早期引用（例如，在琼生写的一首讽刺诗里）与放屁有着更密切的关系。在1610年以前的某个时候，邓恩编纂了一位朝臣的图书馆的藏书目录。这是一个加长的笑话，开列了想象的、荒唐的书籍，如吉罗拉莫·卡尔达诺（Girolamo Cardano）撰写的一部皇皇巨著《论放屁的虚无》（*On the Nothingness of a Fart*）。[注]第一个词条记录的是尼古拉斯·希尔撰写的一本关于原子的性别的书，其中包括怎样辨别雄雌，雌雄同体的原子是否存在。[注]

邓恩可能从希尔那里了解到，其他行星上或许存在生命，或许有行星在绕着其他恒星旋转。他可能还了解到，这些奇怪的思想出自焦尔达诺·布鲁诺（Giordano Bruno）。如果邓恩读了伽利略的《星际使者》，了解了它对月球上有山脉和峡谷的描述，那么他的反应肯定会和德国伟大的天文学家约翰尼斯·开普勒（Johannes Kepler）一样。有一年春天，开普勒读了首批抵达德国的一本《星际使者》。在这本书中，他看到了一篇绝妙的对布鲁诺的理论的辩护。布鲁诺固执地认为，宇宙别处可能存在生命。如果邓恩读过开普勒的《与伽利略的星际使者的对话》，他可能发现与布鲁诺的联系已经得到了详细说明。关于放屁的笑话现在已经无关紧要。对布鲁诺来说，越来越多的认可

已经太迟了。他已经于1600年被梵蒂冈异端裁判所活活烧死。对希尔来说，这可能也已经太迟了。根据后来的传说，他于1610年服老鼠药自杀，临死时亵渎神灵，满口诅咒。他当时正在鹿特丹流亡。1603年，为了阻止苏格兰的詹姆斯六世继承伊丽莎白一世（Elizabeth I）成为英国国王，希尔参与了一场谋反，失败后逃到了国外。接下来，他挚爱的儿子劳伦斯（Lawrence）去世，使他觉得继续活下去显得没有意义。1601年，他选择将他唯一出版的著作献给他的幼子，而非某个大人物（希望他好的大人物相当罕见）。他写道："就我的年龄而言，我欠他某种重要的东西，因为他虽然小小年纪，却已经用众多不错的把戏让我开心。"希尔也许没有活到那一天，但在1610年，伊壁鸠鲁的哲学突然变成了"某种重要的东西"。一场革命正在开始。邓恩读过吉尔伯特的著作，读过伽利略、希尔的著作，也许还知道哈里奥特。虽然他在数年前还嘲笑过新思想，但此时成了先知先觉之一，明白世界将再也不一样了。于是，到了1611年，革命进展顺利。与莎士比亚及绝大多数受过教育的同时代人不同，邓恩充分认识到了这一点。

但是，现在，让我们远远地向前一跃，跳到120多年后的1733年，再选取一个受过教育的英国人。1733年，伏尔泰（Voltaire）的《英国信札》（*Letters Concerning the English Nation*）出版。这本书一年后以法文的形式出现，书名变成了"哲学书简"（Lettres philosophiques），且更为著名。它向欧洲读者宣告了新科学取得的一些成就，尤其是到那时为止英国科学取得的成就。伏尔泰的书宣称，英国有着与众不同的科学文化。在1733年，适用于受过教育的英国人的东西不适用于法国人、意大利人、德国人，甚至不适用于荷兰人。我们选取的那个英国人已经用过望远镜和显微镜。他拥有一座摆钟和一个管状晴雨表，知道管子的末端存在真空。他的周围没有谁（或至少没有任何受过教育、颇为见多识广的人）相信巫婆、狼人、魔法、炼金术或占星术。他认为《奥德赛》（*Odyssey*）是虚构的，并非事实。他相信独角兽是神话中的一种野兽。他不相信一株植物的形状和颜色对理解其药用有什么意义。他不相信任何大到肉眼可见的生物是自然产生的，就连苍

蝇也不是如此。他不相信抹在武器上的油膏治愈其造成的伤口能带来祝福。他不相信，如果谋杀者在场，被谋杀的人的尸体会自行流血。

就像新教国家所有受过教育的人那样，他相信地球绕着太阳转。他知道彩虹是折射光形成的，彗星对我们的尘世生活没有任何影响。他相信无法预言未来。他知道心脏是一种泵。他见过一台运转的蒸汽机。他相信科学将改变世界，现代人在每个可能的领域都超过了古人。他难以相信任何奇迹，就连《圣经》中的奇迹也是如此。他认为洛克是有史以来最伟大的哲学家，牛顿则是最伟大的科学家。（他是受到《英国信札》的鼓励才这么认为的。）他有几百本书，甚至可能有几千本书。

举个例子，拿《格列佛游记》（*Gulliver's Travels*，1726）的作者乔纳森·斯威夫特（Jonathan Swift）庞大的图书馆（一本现代目录多达四卷）来说。它包含所有伟大的文学和历史名著，但也包含牛顿的著作、皇家自然知识进步协会的《哲学汇刊》［*Philosophical Transactions*，第二种科学期刊，《学者杂志》（*Journal des sçavans*）出版时间比其早两个月］、丰特内勒（Fontenelle）的《关于世界多样性的对话》（*Entretiens sur la pluralitédes mondes*，1686）。实际上，尽管他对同时代的科学充满敌意（我们将在第14章继续探讨这一话题），但他非常熟悉开普勒的行星运动三大定律，曾用它们计算了想象中火星的卫星的轨道。他的敌意是以广泛的科学阅读为基础的。[注] 21在他的世界中，与过去相比，精英文化和大众文化的区别更为突出。但是，与此同时，科学不太复杂，仍然是每个受过教育的人的文化的一部分。即使在1801年，我们依然能够看到柯尔律治（Coleridge）的决心。他说："在我30岁前，我将彻底理解牛顿的全部著作。"

1600—1733年（大概是这样。与别的地方相比，英国在这一过程中较为领先），与此前历史上的任何时期相比，受过教育的精英的知

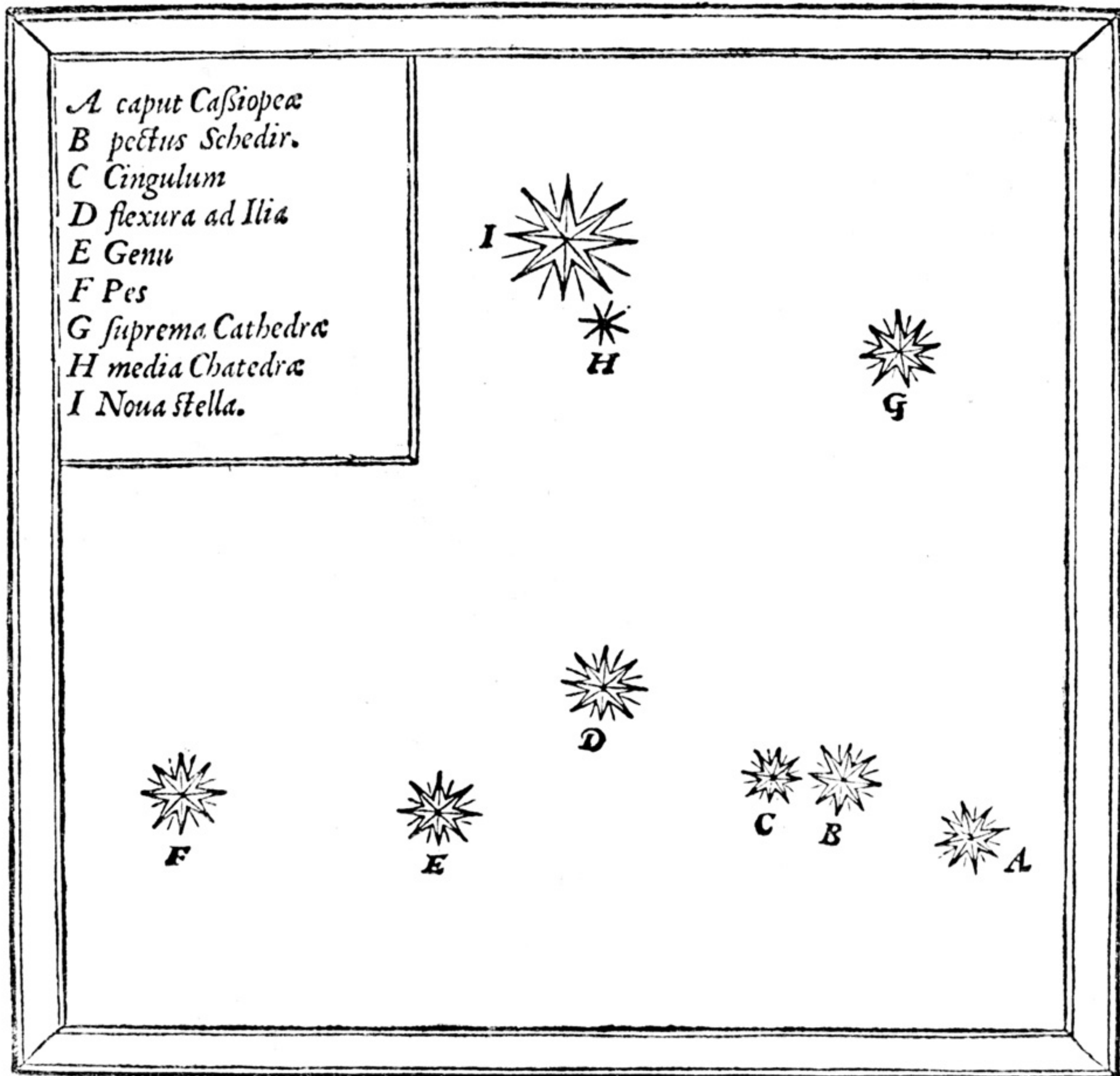
识世界变化的速度都更快。与20世纪之前的任何时期相比，可能也是如此。魔法被科学取代，神话被事实取代，古希腊的哲学和科学被某种东西取代。这种东西现在依然可以被界定为我们的哲学和我们的科学。作为一种结果，我对1600年那个想象出来的人的描述不自觉地遵照了“信仰”，对1733年那个人的描述则遵照了“知识”。当然，这种变化依然是不彻底的。化学几乎不存在。放血、泻药、催吐剂仍被用于治疗疾病。燕子仍然被认为在池塘的底部冬眠。㊟但是，与此前100年的变化相比，接下来100年的变化远没有那么巨大。我们为这一伟大变革所选取的唯一名称是“科学革命”。

3

1572年11月11日傍晚，太阳刚刚落山，一个年轻的丹麦贵族正注视着天空。他名叫第谷·布拉赫。他注意到，几乎就在他头顶上，一颗恒星比其他任何恒星都亮。那是一颗不应该在那里的恒星。他担心他的眼睛在骗他，就给其他人指出了那颗恒星，并确保他们也能看到它。然而，这样一个物体是不可能存在的。布拉赫深谙天空之道。天空中不可能有变化又是亚里士多德哲学的一个基本原则。因此，如果这是一个物体，那么它肯定不在天空中，而是在上层大气中。就是说，它根本不可能是一颗星。如果它是一颗恒星，那么它肯定是个奇迹，是某种其意义亟须被破解的、神秘的神圣征兆。（布拉赫是一名新教徒，新教徒认为神迹早就停止了，因此这种观点不可能让他信服。）

就布拉赫所知，在整个历史上，只有尼西亚的喜帕恰斯（Hipparchus of Nicaea，前190—前120）曾声称看见过一颗新星，至少普林尼（23—79）曾经指出喜帕恰斯发表过这样的声明。但是，普林尼相当不可靠。因此，人们很容易认定，要么喜帕恰斯犯了某种基本错误，要么普林尼如此。㊟布拉赫当时打算证明不可能的事情的确正在发生。他利用初级三角几何证明，那颗新星不可能在上层大气

中，而是肯定在天空中。注它很快变得比金星还要明亮，甚至在白天也曾短暂可见。然后，在超过16个月的时间里，它逐渐消失。这颗新星把一堆书籍抛在了身后。在这些书里，布拉赫及其同事讨论了它的位置和重要性。它还留下了一个研究项目。布拉赫的主张引起了丹麦国王的注意，他因此把赫文岛提供给了布拉赫。根据布拉赫后来的描述，国王还提供了大量黄金，以资助一座天文研究观测台的建设。作为他目击到那颗新星的一个结果，布拉赫相信，如果要理解宇宙的结构，就必须进行精确得多的观测。他设计了精度很高的仪器。他意识到他的观测台在风中轻微摇摆，让它的观测不够完善，就把他的仪器搬到了地堡里。在接下来的15年（1576—1591）里，布拉赫在赫文岛进行的研究把天文学变成了第一门现代科学。1572号新星不是科学革命的原因，正如那颗在1914年6月28日杀死了弗朗茨·斐迪南（Franz Ferdinand）大公的子弹不是第一次世界大战的原因。然而，那颗新星十分准确地标志着科学革命的开始，正如斐迪南大公的死标志着第一次世界大战的开始。由于亚里士多德的自然哲学不能加以调整，把这一特殊的反常现象包括在内，如果的确存在新星这种东西，那么整个体系就是以错误的前提为基础的。



仙后座星图，显示了1572年超新星的位置（最上面的，被标注为I），选自第谷·布拉赫的《新星》（*The New Star*，1573）。

当布拉赫为那颗新星殚精竭虑的时候，他没有意识到他正在开启的东西。那颗新星以他的名字被命名为“第谷新星”，现在仍然能在仙后座中找到它，不过要借助射电望远镜。但是，自1572年以来，世界已经进入了一场波澜壮阔的科学革命。这场革命改变了知识的性质和人类的能力。如果没有它，那么也就不会有工业革命，以及任何我们依赖的现代技术；人的生活将大为贫穷，人的寿命要短暂得多，我们

绝大多数人将过着持续不断的困苦生活。现在谈论它会持续多长时间，以及其后果会是什么，还为时过早。它可能伴着核战争或生态灾难终结，也可能（虽然这种可能性似乎要小得多）伴着幸福、和平与繁荣终结。虽然我们现在能够看到，它是自新石器革命以来人类历史上最重大的事件，但在科学革命是什么以及它发生的原因上，甚至在是否有这样一种东西上，还不存在普遍的共识。在这方面，举个例子，科学革命完全不同于第一次世界大战。就第一次世界大战究竟是什么，存在普遍的共识。就“一战”发生的原因，人们也大体上取得了一致意见。对历史学家来说，一场正在进行的革命是烫手山芋，他们宁愿撰写过去发生的革命的情况。至于科学革命，它实际上仍在我们周围持续。正如我们将看到的那样，这一主题上的很多分歧是由基本的错误概念和误解造成的。一旦它们被清除出去，那么情况将变得显而易见：科学革命这样一种东西的确存在。

---

1. 我使用“地球”来指代现代的、哥白尼的地球概念，指的是一个旋转的、由水陆构成的球体，是行星之一。我用“地”来指代前哥白尼的世界概念。它由地这个元素构成，居于宇宙的中心，一动不动。

2. 戴恩·莱霍克斯（Daryn Lehoux）在一部发人深省的书中问道：“古代科学和现代科学之间有不同吗？当然有了。事物是突然变化的吗？我们能够确认某些全新的做事方式出现在历史中某些分散的时间点上吗？当时，我们获得了我们所谓的科学。我觉得不能。”（Lehoux，What Did the Romans Know? 2012，15）。就这样，莱霍克斯提出了与此相反的观点。

3. 由于那个典型的受过良好教育的欧洲人是男性，我在描述现代早期时使用了阳性代词。当我描述我们自己的知识生活时，我不这么做。与之相似，我在描述现代早期观点时使用了“男人”，在表达我自己的观点时则使用“人类”。女人在现代早期知识群体中无立锥之地，但是有一些重要的女性科学家，尤其是天文学家（Schiebinger，The Mind Has No Sex? 1989，79—101）和炼金术师（Ray，Daughters of Alchemy，2015）。据说，玛丽亚·库尼茨（Maria Cunitz）所著《乌拉尼亚的恩赐》（Urania propitia）是“现存最早的一部由女人所著的科学著作”。它是一卷天文表，处在“其时代最高技术水平上”（Swerdlow，“Urania propitia”，2012，81）。这本书包括一篇由她丈夫写的序言。该序言向读者保证，尽管这肯定显得令人难以置信，但它的确是一部由女人所著的著作。

4. 这是自伊本·海赛姆（Ibn al-Haytham）的《光学手册》（Book of Optics，1011—1021）以来第一部实验科学的著作。

5. 卢克莱修（前99—前55）称，宇宙没有设计方案，而是不变、不可分的原子任意相互作用的结果；现存的宇宙终将被摧毁、取代，它只不过是随意、无休无止、相继产生的众多宇宙中的一个。卢克莱修的诗《物性论》在中世纪失传了。1417年，它重新被发现。1473年，它第一次出版。直到1682年，完整的英文译本才得以出版。卢克莱修是伊壁鸠鲁（前341—前270）的信徒。我们用“伊壁鸠鲁主义者”来指寻求肉体愉悦的人。但在文艺复兴时期，伊壁鸠鲁主义者是物质主义者和无神论者，因此除了肉体愉悦，他们不可能承认别的任何善。

6. 伽利略当时住在帕多瓦，但经常去威尼斯。同样，在威尼斯期间，邓恩肯定去过帕多瓦。帕多瓦有一个重要的英格兰人和苏格兰人侨民团体。

7. 哈里奥特独立发现了我们现在所谓的伽利略落体定律，还发现了我们现在所谓的斯内尔折射定律，但他从未公布过。

8. Brown，Hac ex consilio meo via progredieris，2008。伊丽莎白时代的人对放屁的态度很严肃。在向伊丽莎白女王鞠躬时，牛津伯爵放了一个屁。他为此感到羞愧，出国七年之久。等他回来时，女王竟然这样欢迎他说：“我的大人，我已经忘了那个屁了。”（Trevor-Roper，“Nicholas Hill, the English Atomist”，1987，9。）

9. 我曾经与我乡下的邻居讨论辨别她的小鸭子的性别面临的困难。我现在知道，辨别性别远非那么简单。邓恩肯定也知道这一点。

10. 斯威夫特认为科学研究是浪费时间，因为它从来没有带来实际应用。在《格列佛游记》第三部分对拉普达飞行岛的描述中，他非常有说服力地表达了这一观点。

11. 到了18世纪末，在迁徙还是冬眠这个令人恼火的问题上，伟大的博物学家吉尔伯特·怀特（Gilbert White）仍然首鼠两端：White，Natural History，1789，28，36，64—65，102，138—139，165，167，188页。如果想大致了解怀特所引之书（144）——卡尔·D. 易科马克（Carl D. Ekmarck）的《鸟类迁徙》（Migrationes avium，1757），可参见Griffiths，“Select Dissertations from the Amoenitates academicae”，1781。易科马克认为一些鸟迁徙，但燕子在池塘里过冬。他的观点通常被归因于林奈（Linnaeus）。林奈审查了他的学位论文。

12. 布拉赫没有把伯利恒的那颗星算作一颗真正的星，因为《马太福音》（Gospel of Matthew）把它描述为一颗在天空中移动的星。1006年曾经出现过一颗甚至更亮的超新星，但他知道的书里面没有提及它。

13. 托马斯•库恩认为，只是对哥白尼而言，布拉赫原本不可能知道新星在天空中（Kuhn，Structure，1970，116）。当然，哥白尼根本没有谈及天空中的变化，布拉赫也不是哥白尼派。库恩的观点与他提出的科学家能够识别反常现象这一比较宽泛的观点存在矛盾，但重要的是，在布拉赫生活于其中的文化里，久负盛名的定论（例如，在宗教里）正在受到质疑、被推翻。

第二章　科学革命的思想

尽管存在诸多缺陷，但现代科学是一种被很好地转向了自然并以此发挥其作用的技术。它是一种使我们得以了解关于世界的可靠情况的实践。在这个意义上，它是一种有待人们去发现的技术。

——斯蒂芬·温伯格（Steven Weinberg），

《解释世界》（*To Explain the World*），2015

1

1948年，在剑桥大学，赫伯特·巴特菲尔德（Herbert Butterfield）开办了科学革命讲座。这其实是大学的历史学家开办科学史讲座的第二个年头。一年前，皇家历史教授G.N.克拉克（G.N.Clark）就开办了这样的讲座。克拉克是17世纪各方面的专家。就在巴特菲尔德之前不久，中世纪历史学家M.M.波斯坦（M.M.Postan）也开办了相关讲座。正是在剑桥，艾萨克·牛顿（Isaac Newton，1643—1727）撰写了《自然哲学的数学原理》（*Philosophiænaturalis principia mathematica*，或*Mathematical Principles of Natural Philosophy*，1687）。1932年，正是在这里，欧内斯特·卢瑟福（Ernest Rutherford，1871—1937）第一次分裂了原子核。在这里，历史学家一直承认，他们负有研究科学史的特殊责任。他们也热衷于坚持宣称，科学史应该由历史学家来做，而不应该由科学家来做。㊟

剑桥的历史学家和科学家都接受了相似的教育，拉丁语对他们来说是一种强制的入学要求。他们在他们所在学院的午餐和晚餐上聚会，但生活在不同的精神世界里。巴特菲尔德以他的讲座为基础，撰

写了《现代科学的起源》（*The Origins of Modern Science*，1949）。在这本书的开头，他表达了希望科学成为长期需要的艺术和科学之间的桥梁的愿望。他徒劳地期盼着。1959年（拉丁语终于不再是入学要求的那年），剑桥化学家、成功的小说家C.P.斯诺（C.P.Snow）发表演说，抱怨剑桥大学的科学教师和艺术教师当时几乎老死不相往来。(注) 这篇演讲的题目是“两种文化和科学革命”（The Two Cultures and the Scientific Revolution）。这里提到的革命是卢瑟福革命，它促使了原子弹的建造。

在斯诺之前10年，巴特菲尔德采用了“科学革命”这个词。在采用这个词的过程中，他（总是有人说）追随了亚历山大·科伊雷（Alexandre Koyré，1892—1964）的先例。科伊雷的著作于1935年以法语发表，把从伽利略到牛顿的17世纪科学革命与“最后10年的革命”区分开来。科伊雷是一个俄罗斯裔犹太人，在德国接受的教育。15岁的时候，由于从事革命活动，他曾在沙俄被囚禁。在第一次世界大战期间，他为法国而战。在第二次世界大战期间，他加入了自由法国运动。后来，他成了美国科学史的领军人物。正好在10年前，海森堡（Heisenberg）的经典量子力学论文得以发表。(注) 在科伊雷和巴特菲尔德看来，象征现代科学的是物理学，先是牛顿的物理学，然后是阿尔伯特·爱因斯坦（Albert Einstein，1879—1955）的物理学。我们现在可能会赋予生物学同等重要的地位，但不要忽视他们的见解是在1953年詹姆斯·沃森（James Watson）和弗朗西斯·克里克（Francis Crick）发现DNA（脱氧核糖核酸）的结构之前提出的。当巴特菲尔德开办讲座时，以第一种现代奇迹药物青霉素为代表的医学革命才刚刚开始。即使是在1959年，C.P.斯诺仍然认为，重要的新科学是物理学家发展的，不是生物学家发展的。

因此，科学革命最初有两种，一种以牛顿的古典物理学为典范，一种以卢瑟福的核物理学为典范。第一种战胜了第二种，成了科学革命的典范，不过其过程非常缓慢。于是，我们说存在“科学革命”这种

东西，以及它发生在17世纪，只是一种非常近的思想。就科学历史学家而言，普及“科学革命”一词的是巴特菲尔德。在《现代科学的起源》教程中，这个词一再出现。但是，在第一次引入它时，他笨拙地让它指代“所谓的‘科学革命’，通常与16、17世纪有关”。“所谓的”含有歉疚之意。更有甚者，当“科学革命”已经被普遍使用时，他还坚持“所谓的”，显得比较奇怪。除了科伊雷的著作（他的著作原本完全不为他的读者所知），巴特菲尔德是在哪里发现这个词被明确用于描述16、17世纪的情况的呢？“17世纪的科学革命”一词似乎最初是由美国哲学家、教育改革者、实用哲学创始人约翰·杜威（John Dewey）于1915年提出来的，[注]但巴特菲尔德不大可能读过杜威的著作。巴特菲尔德的来源一定是哈罗德·J.拉斯基（Harold J.Laski）的《欧洲自由主义的兴起》（*The Rise of European Liberalism*，1936）。这是一本大获成功的书，1947年刚刚再版。拉斯基是卓越的政治家、当时最重要的社会主义知识分子、马克思主义者，完全有可能爱用“革命”这个词。巴特菲尔德怀着某种不安采用的，应该是拉斯基的用法，而非科伊雷的用法。巴特菲尔德相信，他的众多听众和读者已经非常熟悉这个词了。

因此，在这个方面，科学革命与美国革命或法国革命不同。就在后两者发生时，它们就被称作革命了。科学革命则是知识分子从20世纪回望时的一种建构。它模仿的是“工业革命”一词。到了19世纪末，“工业革命”已经是老生常谈了［“工业革命”似乎是霍勒斯·格里利（Horace Greeley）于1848年首先提出来的。“到西方去，年轻人！”据说是他说的，他也因此至今闻名遐迩］。但是，“工业革命”也是一种事后建构。[注]当然，这意味着，总会有人想说，没有这样的建构，我们会更好。尽管如此，我们仍有必要记住，历史学家不断地（并且往往不假思索地）使用那些建构，例如“中世纪的”或“三十年战争”（这些词当然只能是在事后被引入的）。历史学家还用“国家”来描述文艺复兴之前的任何时期，用社会阶级意义上的“阶级”来描述18世纪中期以前的任何时期。

就像“工业革命”一词那样，科学革命的思想也带来了增殖（有多少科学革命？）和分期（巴特菲尔德的分期是1300—1800年，这样他就能够既探讨17世纪革命的起源，也能讨论其后果）的问题。随着时间的推移，认为存在某种可以被恰如其分地称作科学革命的东西的思想受到了越来越多的攻击。一些人主张连续性，认为现代科学源自中世纪科学，或的确源自亚里士多德。[注]其他人则寻求把革命增多，例如达尔文革命、量子革命、DNA革命等等。这种做法始于托马斯·库恩（Thomas Kuhn）。他于1957年出版了《哥白尼革命》（*The Copernican Revolution*），后来又出版了《科学革命的结构》（*The Structure of Scientific Revolutions*，1962）。还有一些人声称，科学革命发生于19世纪，是在科学和技术的联姻中产生的。在理解过去上，所有这些不同的革命都各有其效用。但是，它们不应该把我们的注意力从科学的发明这一主要事件上引开。

有一点应该显而易见，即在上面的一些例子中，“革命”一词的用法有着大相径庭的含义。这有助于区别这些用法中的三种用法，即分别以法国革命、工业革命和哥白尼革命为典范的革命。法国革命有始有终，是一场巨变，以这样或那样的方式影响了当时生活在法国的每个人。在它开始的时候，没人预见到它将怎样终结。工业革命则大为不同，很难说它何时开始，何时结束（按照传统说法，它始于1760年前后，终于1820—1840年之间）。与其他地方和其他人相比，它对一些地方、一些人的影响的速度要快得多，范围要广泛得多。但是，每个人都同意，它始于英国，依赖蒸汽机和工厂体系。最后，哥白尼革命是一种观念突变或转变。它让太阳取代地球居于宇宙的中心，让地球绕着太阳运动，而不是让太阳绕着地球运动。在哥白尼的著作《天体运行论》（*On the Revolutions of the Heavenly Spheres*）于1543年出版后的第一个100年里，只有为数不多的专家熟悉他的观点。到了17世纪下半叶，他的观点才被普遍接受。

由于未能区分这些含义，以及未能询问“科学革命”一词的首批使用者究竟采用的是哪种含义，结果导致了大量的混淆。这种混淆的来源很简单，因为自其首批出现以来，“科学革命”一词就在以两种截然不同的方式被使用。对杜威、拉斯基和巴特菲尔德来说，科学革命是一个漫长、复杂、有改造作用的过程，与宗教改革（拉斯基将其称为神学革命）或工业革命形成对照。对科伊雷来说，它遵循的是加斯东·巴舍拉（Gaston Bachelard）的“认识论断裂”概念，等同于一种单一的知识突变，即亚里士多德的地方思想（总是有上和下、左和右）被一种几何学的空间思想取代。他认为，这一取代使惯性思想的发明成为可能，而惯性思想是现代物理学的基础。科伊雷在美国影响广泛，托马斯·库恩在《科学革命的结构》中采用了他的巴舍拉式的知识突变概念。在英国，拉斯基和巴特菲尔德对鲁珀特·霍尔（Rupert Hall）的《科学革命》（*The Scientific Revolution*，1954）和J.D.伯纳尔（J.D.Bernal）的《历史中的科学》（*Science in History*）第二卷《科学和工业革命》（*The Scientific and Industrial Revolutions*，1965）产生了相似的影响。《科学革命》否认科学革命和工业革命之间存在联系，《历史中的科学》则坚持二者之间存在紧密联系。

科学革命的这两种概念之间有着根本的不同。对哥白尼、伽利略、牛顿、达尔文、海森堡这些促成了科学中特定知识的重组、突变、转变的人来说，在做事的时候，他们对他们正在做的事有着透彻的理解。他们知道，如果他们的思想被采纳了，将会产生极为重要的结果。因此，我们可以轻易地认为科学革命是蓄意的行为，是那些达到了他们想达到的目的的人干的。巴特菲尔德的科学革命不是这种革命。科学革命和政治革命的比较并非完全误导，因为两种革命都改变了它们触及的所有人的生活，都有可以确认的开始和结束，都涉及关于影响力和地位的斗争（在科学革命中，是亚里士多德派的哲学家和那些支持新科学的数学家之间的斗争）。最重要的是，政治革命和科学革命都产生了非蓄意的结果，而非蓄意的结果。马拉（Marat）渴望自由，结果却是拿破仑（Napoleon）。当列宁（Lenin）在1917年10月

革命前两个月出版《国家与革命》（*State and Revolution*）时，他由衷地相信共产主义革命将导致国家的迅速消亡。即使是在最接近于实现最初激发它的理想的美国革命中，正如《联邦党人文集》（*The Federalist*，1788）所分析的那样，在托马斯·潘恩（Thomas Paine）的《常识》（*Common Sense*，1776）和美国宪法复杂的审查和平衡之间，也存在着巨大差距。《常识》设想了一种民主体制，多数派差不多可以在这种体制中为所欲为。美国宪法则正是为了束缚和约束潘恩这样的激进分子而设计的。在科学革命中，培根和笛卡儿等人制订了彻底的知识变革计划，但他们的计划是海市蜃楼，且他们中没有一个人想象到牛顿将取得的成就。虽然科学革命的参与者无一人预见或寻求作为整体的科学革命的结果，但科学革命仍然完全不失为一场革命。但是，这的确意味着，它不是科伊雷所描述的那种彻底的认识论断裂。[注]于是，当托马斯·纽科门（Thomas Newcomen，1711）首次制造出早期的工业蒸汽机、詹姆斯·瓦特（James Watt，1769）接着发明了威力强大的新蒸汽机时，他们也都没有预见到蒸汽时代将见证一种联通陆地的伟大铁路系统的建造。直到1825年，第一条公共蒸汽铁路才开始运营。科学革命是那种有着非蓄意后果和始料未及的结果的革命，是那种巴特菲尔德打算用“科学革命”一词唤醒的革命。

如果我们把“革命”一词狭隘地界定为同时影响到了每个人的一种突然转变，那么就没有科学革命了，也不会有新石器革命、军事革命（随火药的发明而来）、工业革命（随蒸汽机的发明而来）。但是，如果我们想避开政治，以理解大规模的经济、社会、知识、技术变化，那么我们就需要承认延长的、不完整的革命的存在。举个例子，谁会以“数字革命”不是一种单一、不连续、可以在时间和空间中被定位的事件为理由，反对这个词呢？

巴特菲尔德追溯性地采用“科学革命”一词，含有嘲讽的意味。他选择“现代科学的起源”作为他的书名，甚至具有更大的嘲讽意味。他于1931年出版了《辉格史观》（*The Whig Interpretation of History*），

攻击一些历史学家，因为在他们的笔下，英国的历史自然地、不可避免地通向了自由价值观的胜利。巴特菲尔德认为，历史学家必须学会在未来似乎是未知的情况下看待过去，就像当时的人们那样。他们必须思考他们进入过去的方式，因为在过去的那个世界里，我们拥有的价值观、我们崇拜的制度甚至都没有被想象过，更别说被认可了。历史学家不能因为他们认同过去一些人的价值观和观点就赞扬他们，也不能因为不赞同过去一些人的价值观和观点就批评他们。只有上帝有权做出判断。[注]巴特菲尔德对英国历史撰述的自由传统的攻击是有益的，不过他很快就意识到，他倡导的那种历史不能理解过去的意义，因为如果没有后见之明，就不可能确立事件的意义；历史会变得像它的参与者所经历的波罗底诺之战，至少按照托尔斯泰（Tolstoy）在《战争与和平》（*War and Peace*）中的观点是这样；读者和历史学家会犹豫徘徊，无法理解事件的意义。当然，作为全知全能的叙事者，托尔斯泰也提供了一种实况报道，确立了交战双方都不由自主地谋求造成的某种局面。但是，历史学家后来自然地将“辉格史观”回敬给了巴特菲尔德本人，指控他想当然地认为现代科学优于以前的所有科学。在他们看来，正是一部关于“起源”的书的思想违背了他在《辉格史观》中确立的原则。[注]39实际上，还真是这样。但是，错误在于巴特菲尔德的早期原则，不在于他后来的做法。这是因为，如果想理解我们自己的世界，我们真的需要了解现代科学的起源。

2

大多数情况下，学者们最近几年不愿意使用“科学革命”一词，很多学者明确拒绝了它。斯蒂芬·沙宾（Steven Shapin）的《科学革命》（*The Scientific Revolution*，1996）开头一句写道：“没有科学革命这种东西，这本书就是为了证明这一点而撰写的。”这句话经常被引用。他们的不安的主要来源（一旦有人清除了“革命”一词含义上的混淆）指向了历史研究的一种特点。巴特菲尔德的确把这种特点视为理所当然，认为没有讨论的必要。这一特点就是，语言是历史学家“最重要的

工作工具”。就整体而言，巴特菲尔德的《辉格史观》是对历史中的过时思维的批判。但是，巴特菲尔德从来没有讨论过时代错误的一种基本来源，即我们用于描述过去的语言并非我们正在描述的人们的语言。注1988年，阿德里安·威尔逊（Adrian Wilson）和T.G.阿什普朗特（T.G.Ashplant）重申了巴特菲尔德的观点。当此之时，历史学家的事业的核心特点已经变成了一种事实，即从过去流传下来的文本是用堪称外语的语言写的。注“革命”一词好像突然成了一个迄今为止未被认识到的问题，“科学”一词实际上也是如此，因为它们是我们的词，不是他们的词。注

“Science”（科学）一词源自拉丁语“*scientia*”，意即“知识”。有一种观点认为，真理和知识就是人们认为它是的东西。注这一观点既源自巴特菲尔德对辉格史观的拒绝，也源自维特根斯坦（我们随后将在本章中谈到他）。按照这种观点，占星术曾经是一种科学，神学当然也是如此。在中世纪的大学，核心课程由七种拓展心智的“艺术”和“科学”构成，包括语法、修辞、逻辑、数学、几何、音乐、天文学（其中包括占星术）。它们现在通常被称作7种拓展心智的艺术，但其中每一种最初都既可以被称作一种艺术（一种实用技能），也可以被称作一种科学（一种理论体系）。举个例子，占星术是应用技能，天文学是理论体系。注这些艺术和科学为学生提供了基础，以利于他们以后学习哲学和神学、医学、法律。这些艺术也被称作科学，但哲学和神学是纯粹的概念探究，缺乏相应的应用技能。当然，它们有实际的意义和应用。神学被应用于布道的艺术。正如哲学家研究的那样，伦理学和政治学也都有实际意义。但是，大学里没有应用神学或应用哲学这样的课程。它们不是艺术。如果声称哲学属于艺术，不属于科学，就像我们现在做的那样，那么就显得无法理解了。注

此外，这些科学是按照一种等级结构组织起来的。神学家觉得有权命令哲学家证明对不朽灵魂的信仰的合理性（不过，亚里士多德并

不持有这种观点。1270年，巴黎的神学家谴责了反对灵魂不朽的哲学观点）。哲学家觉得有权命令数学家证明天空中的所有运动都是圆周运动，因为圆周运动才有可能是统一、永久、不变的。哲学家还觉得有权要求数学家证明地位于所有这些天空圆周的中心。[注]关于科学革命的一个基本描述这样说，它代表了数学家对哲学家的权威的一次成功反叛，也代表对神学家的权威的反叛。牛顿的书名“自然哲学的数学原理”显然是这一反叛的一个较晚的例子。这一书名是一种蓄意的反抗行为。[注]莱昂纳多·达·芬奇（Leonardo da Vinci，卒于1519年）提供了一个较早的例子。在他的遗作《绘画论》[注]中，他写道：“如果不能够进行数学证明，那么全部人的研究都不能被称作真正的科学。如果你说始于头脑、终于头脑的科学是真实的，那么它就不能被承认，只能因众多理由而被否认。这主要是因为，这些头脑练习缺乏经验的检验[注]。如果没有经验的检验，那么一切都不可能是确凿无疑的。”达·芬奇既是工程师，也是艺术家。他这么说，其实是在拒绝整个亚里士多德自然哲学（就是他所说的“始于头脑、终于头脑的科学”），把真正的科学限定到那些既是数学上的又以经验为基础的知识形式。他提到的真正的科学有算数、几何、透视法、天文学（包括制图学）和音乐。他意识到，数学科学经常被当作“无思想的”（就是说，因为与体力劳动关系密切而遭到玷污的）而被置之不理的。但是，他坚持认为，它们各自能够产生真正的知识。达·芬奇后来的读者不相信他说的就是那个意思，但他说的的确就是那个意思。此外，作为数学家的这种反叛的一个结果，现代哲学已经从纯粹科学被降格为纯粹的艺术。

由于是亚里士多德传下来的，且在大学里被传授，自然研究是哲学的一个关键部分。“Nature”（自然）源自拉丁语单词“*natura*”，希腊语的对应词是“*physis*”。对亚里士多德学派来说，自然的研究关乎理解世界，而非改变世界，因此没有与自然科学相联系的艺术（或技术）。此外，由于自然是理性的化身，因此有可能推导出事物的性

质。对亚里士多德来说，理想的科学由一个源自无可置疑的前提的逻辑演绎链条构成。

到了17世纪，亚里士多德自然哲学的一种替代品发展了起来。它最初自称“新哲学”（我们已经看到，约翰·邓恩在1611年采用了这个词）。当此之时，显然需要一个词语来描述这种新知识。[注]我们使用的现代英语单词“science”的意思太含糊了，因为正如我们已经看到的那样，已经有太多的科学了。一种选择是继续使用源自拉丁语的术语“自然哲学”和“自然哲学家”。这也是最经常被采用的一种选择。[注]由于这些术语与较高的地位和更多的薪水相连，新哲学家们不可避免地试图声称它们归他们所有。举个例子，伽利略曾经是一名数学教授，但于1610年成了托斯卡纳大公的哲学家。[注]（霍布斯认为伽利略是有史以来最伟大的哲学家。）对于一些人来说，自然哲学是唯一真正的哲学。于是，罗伯特·胡克（Robert Hooke）露骨地说，“哲学的业务是发现一种完善的自然和物体属性的知识”，发现将这种知识付诸运用的方法。这就是他所谓的“真正的科学”。胡克是首批有偿做试验的人之一。这种对“哲学”和“哲学家”的用法存在时间之长，远超人们的想象。1889年，罗伯特·亨利·瑟斯顿（Robert Henry Thurston）出版了《蒸汽机哲学的发展》（*The Development of the Philosophy of the Steam Engine*）。这里的“哲学”其实就是“科学”。

但是，“自然科学”这一术语是无法令人满意的，因为它暗示新哲学很像旧哲学，没有实际用处。还有一种选择，那就是避免使用“哲学”一词，用现有的“自然科学”这个词取而代之。在17世纪，这种用法很普遍。[注]（只是到了19世纪，“科学”才被普遍用作了“自然科学”的简写形式。）“自然知识”这个词被使用得甚至更为广泛。学自然的学生需要一个名称，于是“博物学家”这个词于16世纪末出现了。只是到了后来，“博物学家”才被用来专门指研究活物的人（最迟到了1755年，约翰逊博士在其词典中才把博物学家界定为“精通自然哲学的人”）。“博物学家”的一个替代词是“自然历史学家”。“自然历史学

家”源自普林尼的《自然史》（*Naturalis historia*，公元78年）。但是，作为新科学的一个结果，普林尼的声望下跌了，简单的自然历史迅速被比较精心设计的观测项目取代。

假如拉丁语没有提供完美的解答，那么希腊语呢？“physic（s）”（医学；或“physiology”，生理学）和“physician”（医师；或“physiologist”，生理学家）是两种明显的解决方案。(注)这两套术语就像其希腊语原文那样，包含整个自然研究，无论是有生命的，还是无生命的。因此，玻意耳于1661年出版的《生理学论文集》（*Physiological Essays*）涉及的是作为整体的自然科学。但是，这二者当时已经被医生认领了（在很长一段时间内，医学是唯一一种基于自然科学的“艺术”），相当不方便。虽然如此，在17世纪下半叶，英国知识分子用“physicks”来指“自然或自然哲学的知识”（与意为医学的“physick”相对）。对于长老会牧师理查德·巴克斯特（Richard Baxter）而言，“真正的‘Physicks’是关于上帝的可知工作的知识”；对约翰·哈里斯（John Harris）来说，“生理学、‘Physicks’或自然哲学是自然物体的科学”。从1698年起，他就一直在举办关于新科学的公共讲座。当然，他承认，一些人也用“physiology”来指“一部分传授身体结构的‘Physick’”。哈里斯在这里使用的“physiology”的意思一直流行到了18世纪末，是这个词的最初含义，早于其指代人类生理学的用法。研究自然哲学的人是“physiologist”。直到19世纪，“physiology”才最后被让与了医生；自然科学家则重新界定了“physics”，把“biology”（一个于1799年被创造的词）也包含在内，并且“physicist”这个新词也与“physics”一起被引入。

更进一步的解决之道是发明一个词，以反映新知识横跨传统的自然哲学（其中包括我们现在称作物理学的学科）学科和数学（其中包括机械学和天文学）学科之间的方式。于是，诸如“physico-mathematical”“physico-mechanical experiments”中的“physico-

mechanical”这样的用法产生了，甚至还产生了“mechanical philosophy”和“mathematical philosophy”这些独特的混合用法。[注]

因此，我们正在处理的不是一种在“自然哲学”中得到反映的转变。“自然哲学”于19世纪变成了“科学”。实际上，存在一个复杂的术语网络，其中一个术语的含义的变化导致了其他所有术语的含义的调整。就科学语言而言，19世纪最引人注目的创新是“scientist”（科学家）一词的引入。实际上，在1833年之前，没有人被称作“scientists”。威廉·惠威尔（William Whewell）于这一年创造了这个词。但是，这并不意味着没有词来指代自然科学专家，他们被称作“naturalists”“physiologists”或“physicians”。它们在意大利语中是“*scienziati*”，在德语中是“*savants*”，在英语中是“*virtuosi*”。在罗伯特·玻意耳（Robert Boyle）的《基督教大师》（*TheChristian Virtuoso*，1690）中，“Christian Virtuoso”指的是“痴迷于实验哲学”的人。当“*virtuosi*”这样的词显得有些过时的时候，它们被“men of science”取代了。在16世纪和17世纪，“men of science”被用来指代所有接受过人文或哲学教育的人（“men of science”不是一种职业）。但是，到了18世纪，“men of science”的用法开始变窄了，指的是我们称作“scientists”的那些人。[注]

“scientist”一词获得确认的过程非常缓慢。原因很简单，因为它是拉丁语—希腊语混合词（就像我们的词“television”，即电视），不符合规则。地质学家亚当·塞奇威克（Adam Sedgwick，卒于1873年）在惠威尔写的一本书的空白处潦草地写道：“与其让这些鄙俗的语句毒害我们的语言，还不如卒于这种匮乏。”最晚至1894年，托马斯·赫胥黎（Thomas Huxley，“达尔文的斗牛犬”）仍坚称，只要是稍微对英语怀有敬意的人，都不会使用这个词。他发现，这个词“差不多像‘Electrocution’（触电死亡，是希腊语—拉丁语混合词，而非拉丁语—希腊语混合词）这样的词那样令人满意”。即使在那时，他的观点也并非孤立无援。[注]在这方面，我们可以把“scientist”和不存在争议的

词“microscopist”（显微镜工作者，1831年）做个比较。这将不无裨益。后者构成恰当，因为它完全是由希腊语语素构成的。如果我们审视一下其他欧洲语言，那么将发现，只有葡萄牙语追随英语，创造了一个语言混合词“*cientista*”。有一种说法认为，“‘scientist’一词直到1833年才被创造出来，因为只是到那时，人们才意识到，需要这个词”。这个说法其实是错误的，因为人们早就察觉到需要这样一个词了。要找到一个合适的词，这个词不仅没有其他用法，还要被恰当构造。这是个问题，形成了一种真正的障碍。因此，只有当那种需要变得极为迫切时，障碍才会被克服；只有到那时，才能突破那种被视为基本构词规则的东西。当然，从根本上讲，虽然“scientist”是新词，并且有用，但指的却是早就存在的一类人。

“scientific”（科学的）介于古典的“science”和19世纪的“scientist”之间。“*Scientificus*”（从“*scientia*”到“*facere*”，知识的制作）并非古典拉丁语中的一个词，而是波伊提乌（Boethius）于6世纪初创造的。在英语中，除了在1589年的一个文本中出现了几次，“scientific”直到1637年才出现。在此之后，它逐渐变得常见了。它有三个主要含义。它可以指某种专门知识（“scientific”，与“mechanical”相对；一位学者或绅士的学识，与商人的学识相对）；可以指一种证明方法（就是说，用亚里士多德的演绎法来证明）；但是，在第三个意义上［就像“the scientifick measuring of Triangles”（三角形的科学测量）中那样，在一种测量工作中］，它指的是科学革命的新学科。在法语中，“*scientifique*”一词被引入的时间较早，在14世纪，在知识的产生的意义上。到了17世纪，它被用来指抽象的、推断的学科。只是到了1895年，它才被当作英语词“scientist”（*un scientifique*）的对应词来用。大约就在那个时候，英语词“scientist”开始被广泛使用。

当然，就每种欧洲语言而言，模式稍微有些不同。在17世纪的法语中，我们能找到与英语词“physician”（*physicien*）、“naturalist”（*naturaliste*）对应的词。在法

语中，“physicien”从来没用作指代医生，因此它可以被方便地用来指代一位自然科学家，然后演化成“physicist”的法语对应词。[注]在意大利语中，相比较而言，早在16世纪，“*fisico*”和医学之间的联系就已经很牢固了，新哲学家很少自称“*fisici*”。但是，在那时，意大利语还必须传播“*scienziato*”（有知识的人）这个词。不仅英语中缺少这个词，法语中也是如此（“*scientiste*”几乎总是被轻蔑地用来指某个迷恋于科学的人）。

因此，如果就像经常有人做的那样声称，直到有了“科学家”才有了“科学”，那么不过是暴露了对17—19世纪自然知识、自然理解者的语言演化的无知。那些犹豫要不要把“科学”和“科学家”用于17世纪的人相信它们不合适，不明白所有历史都涉及从一种语言到另一种语言的转化；“science”不过是17世纪极为常见的词“natural science”的简写，正如“scientist”不过是“naturalist”“physician”“physiologist”“virtuoso”的替代。后来成为皇家学会的那个团体的第一次正式会议讨论组建一个协会，以促进“物理—数学实验知识”。他们其实是在极其清晰地表明，他们的事业不是传统意义上的自然哲学，而是由于数学家侵入哲学家的领域所产生的那种新知识。

还有人声称，17世纪没有科学家，因为当时不存在让科学家占据的职业地位。“在斯图亚特时期的英国不存在科学家，”我们被告知，“被我们聚拢在那个头衔下的人都多多少少地是业余爱好者。”按照这种观点，霍布斯、笛卡儿、洛克并非哲学家，因为没有人付钱给他们撰写哲学著作；17世纪唯一名副其实的哲学家应该是大学和耶稣会学院聘请的经院哲学家。在这个意义上，就像新哲学家那样，一些新科学家其实是业余爱好者，非专业人士。罗伯特·玻意耳家境殷实，玻意耳定律就是以他的名字命名的，原本应该是一个顶着伯爵之子之尊贵的专业人士。约翰·威尔金斯（John Wilkins）在科学问题上著述颇丰，是一个牧师并最终成了一个主教，但当皇家学会于1662年成立时，他已经是牛津大学莫顿学院的院长和剑桥大学三一学院的院长

［由奥利弗·克伦威尔（Oliver Cromwell）政权任命的］了。不过话又说回来，他的大学生涯被复辟破坏了，然后他被迫转而依靠神职晋升。[注]当然，查尔斯·达尔文（Charles Darwin）也是个业余人士，不是职业科学家。[注]

然而，如果认为新科学主要是一种业余（即无薪）活动，那就大错特错了。在这方面，它与霍布斯、笛卡儿、洛克的新哲学不同，他们属于非职业人士。但是，新科学家大多是有偿从事科学的。乔瓦尼·巴蒂斯塔·贝内代蒂（Giovanni Battista Benedetti，1530—1590，萨伏伊公爵的数学家和哲学家[注]）、开普勒（神圣罗马帝国皇帝的数学家）、伽利略（担任数学教授18年）并非浅尝辄止者或业余爱好者。他们是职业数学家，致力于解决属于大学课程的问题。当然，他们的解答与大学传授的知识大为不同。正如我们已经看到的那样，第谷·布拉赫获得了政府资助。数学仪器制作和地图绘制都是商业项目［例如，格拉尔杜斯·墨卡托（Gerardus Mercator，1522—1599）两样都做］。

斯图亚特时期的英国也不乏这样的人。罗伯特·胡克（卒于1703年）、丹尼斯·帕平（Denis Papin，卒于1712年）、弗朗西斯·霍克斯比（Francis Hauksbee，卒于1713年）都有偿为皇家学会做过实验，不过只有胡克获得了固定薪酬。[注]克里斯托弗·雷恩（Christopher Wren）是皇家学会的创始会员，现在给人最深的记忆是建筑师。他担任过牛津大学塞维利安天文学教授，这个职位是1619年创立的。在此之前，他还担任过伦敦格雷欣学院（创立于1597年）天文学教授。天文学被普遍认为是数学的一个分支，建筑学要求数学技能。艾萨克·牛顿是剑桥大学卢卡斯数学教授，这个职位创立于1663年。就新科学家占据的职位而言，这种职位正是数学家的职位。在上述两所大学之外，还有很多人从事关于数学的职业。以托马斯·迪格斯（Thomas Digges，1546—1595）为例，他在伊丽莎白时代最大工程项目多佛港重建中扮演了重要角色，还试图把英格兰变成一个选举君主国。再以托马斯·哈里奥

特（卒于1621年）为例。由于在天文、航海、制图、军事工程上的技能，他受雇参加了前往罗诺克的探险队（1585年）。因此，有很多数学家认为新哲学落在了他们的专业技能领域里。新科学的重要领域也自然完全与17世纪数学家的职业一致，其中包括天文学/占星术、航海术、制图学、测绘学、建筑学、弹道学、水力学。

如果引入“科学”和“科学家”这两个词标志着一个真正的变革时刻，那么在谈论17世纪时避免这两个词将是完全合理的。但是，“科学”只是“自然科学”的缩写；“科学家”不仅没有标志着科学性质的变化，甚至也没有标志着科学家新的社会角色，只是标志着19世纪古典知识的文化重要性的变化。对那些完全没有古典教育基础的历史学家而言，这一变化已经变得让人无法理解。

3

尽管哥白尼、伽利略、牛顿非常清楚他们的思想极其重要，我们也可以合理地将其工作描述为具有革命性的，但他们从来没有明确地告诉自己，“我正在发动一场革命”。牛顿在世的时候，“革命”一词很少被用来指大规模的转变，在1688年（牛顿的《原理》出版后的一年）光荣革命之前几乎从来没被使用过。即使在那时，它也首先被限制在政治革命上。[注]66巴特菲尔德强调历史学家必须决心从当时的人们的观点理解世界，这是对的。[注]但是，正如我们已经看到的那样，仅仅从他们的观点理解世界是永远不可能充分的。历史学家必须调和过去和现在，找到一种语言向现在的读者传达那些想法极为不同的人的信仰和信念。因此，所有的历史都涉及从源语言到目标语言的转化。在这里，源语言是17世纪的数学家、哲学家和诗人的语言，目标语言是21世纪初的语言。于是，历史学家正确地把“自然科学”转化成了“科学”，把“生理学家”转化成了“科学家”。

但是，这里是否也许不只是个转化的问题？有人或许认为，在牛顿的语言里，不仅没有一个词或短语等同于我们的“革命”一词，就连这样的概念也没有。有人可能会说，牛顿的文化从根本上来说是保守的、传统的；即使牛顿想形成革命的思想，他也形成不了。在第三章中，我们将看到，就描述文艺复兴和17世纪文化而言，这也许是一种有用的概括，但正如在回顾时所看到的那样，很多方面都存在重要的例外，并且正是这些例外使现代科学成为可能。我们现在只是指出，有一个词具有“革命”的多种含义，至少对新教徒是这样，而这个词就是“改革”。在1517—1555年短短数十年里，路德（Luther）和加尔文（Calvin）就改造了基督教的教义、仪式和社会角色。他们发动了一场革命，而这场革命引发了历时150年之久的宗教战争。因此，在成为一场革命之前，科学革命是一种改革。胡克在1665年写道，他自己的努力的“主要意图”，以及皇家学会的努力的“主要意图”，是“一场哲学改革”。托马斯·斯普拉特（Thomas Sprat）于1667年写了一部皇家学会的历史，反复比较了自然哲学改革和较早的宗教改革。[注]

斯普拉特接着承认，一些强硬分子非常仇视古代学问的方方面面，以至于想废除牛津和剑桥。他把这些强硬分子与另外一些人做了比较。后者原本想废除英国的主教制，结果却处决了国王，建立了共和国：

我承认，我们不缺新哲学的拥护者。他们不习惯于任何对它们（那两所大学）的宽容，并且现在还认定，除非首先抛弃古代艺术，废除它们的苗圃，否则就难以做出任何新发现。但是，这些人行动粗野，非但没有推进他们想推进的东西，反倒有损于他们想推进的东西。他们怒冲冲地开始了对哲学的清洗，就像我们现代狂热分子对宗教改革所做的那样。一方应该受到谴责，就像另一方那样。除了绝对、连根带枝地毁灭有着古代面孔的一切，[注]什么也不能满足它们中的任何一方。

于是，斯普拉特承认，新科学的一些提倡者让他想起了弑君者（就像主教制那样，君主制也拥有“一张古代面孔”）。这几乎相当于直接把他们称作革命者了。斯普拉特是在君主制恢复7年后发表上述言论的，并且支持以皇家赞助为基础的学会。他需要使自己远离科学激进主义和政治激进主义之间的任何联系。更加引人注目的是，他愿意在国内发表这种对新哲学的一些提倡者和那些就在数年前颠覆了世界的人的比较。

1790年，安东尼·拉瓦锡（Antoine Lavoisier）顺理成章地被卷入了法国革命之中，宣布他正在发动一场化学革命。与斯普拉特不同，拉瓦锡讲的是我们的语言，因为他经历了一场革命。这场革命改造了政治语言，塑造了我们仍在讲的语言。在1776年美国革命给他们呈现了一种典范后，在1789年前的那些年里，法国知识分子已经在探讨政治革命的可能性。在法国，虽然领先不多，但话语先于行动。[注]在17世纪，伽利略和牛顿对这种语言一无所知。[注]但是，他们和他们同时代的人十分清楚，他们正在试图开展一项激进的、系统的变革。他们没有“革命”这个词并不意味着，他们被迫认为知识是某种稳定、不变的东西。“说到我们的工作，”皇家学会一个不具名的会员在1674年写道，“我们都非常同意，或应该同意，它不是把一所旧房子的墙刷白，而是建造一座新房子。”拆掉旧房子并从头开始正是革命要做的事情。

4

在撰写17世纪的历史时，思虑过多的历史学家拒绝使用“革命”“科学”“科学家”这些词。正如上述做法那样，他们也回避使用巴特菲尔德的另一个词“现代的”，因为对他们来说，它似乎也在时代上是完全错误的。然而，文艺复兴时期关于战争的书籍的书名里经常有“现代的”这个词，为的是显示它们承认火药的革命性后果。在文艺复兴时期，现代音乐被认为与古代音乐大相径庭，因为它是复调的，而非单音的。伽利略的父亲文森佐（Vincenzo）曾撰写了一本《古代音乐和

现代音乐的对话》（*Dialogue on Ancient and Modern Music*）。现代地图显示了南北美洲。㊟

从进步的角度撰写的第一部历史著作是瓦萨里（Vasari）的文艺复兴艺术史著作《艺术家的生平》（*The Lives of the Artists*，1550）。此后不久，1560年，弗朗西斯科·巴罗兹（Francesco Barozzi）就翻译了普罗克鲁斯（Proclus）对欧几里得（Euclid）著作第一卷的评注。这部评注按照一系列发明或发现呈现了数学的历史。实际上，数学家（他们经常和艺术家在一起，把透视几何传授给后者）㊟已经热切地想声称他们也在创造进步，并且开始出版书名带“新”的著作，创造了一种风尚。这种风尚从数学传播到实验科学，例如《新行星理论》［*New Theories of the Planets*，波伊尔巴赫（Peuerbach），著于1454年，出版于1472年］，《新科学》（*The New Science*，塔尔塔利亚，1537），《新哲学》［*The New Philosophy*，吉尔伯特，卒于1603年。这是他的遗著《我们的地上世界》（*Of Our Sublunar World*）的副题或正名。封面的布局模糊不清］，《新天文学》（*The New Astronomy*，开普勒，1609），《两种新科学》（*Two New Sciences*，伽利略，1638），《触及真空的新实验》（*New Experiments Touching the Void*，帕斯卡尔，1647），《新解剖实验》（*New Anatomical Experiments*，佩凯，1651），《物理—机械新实验》（*New Experiments Physico-mechanical*，玻意耳，1660）。这个清单可以列很长。作为进步思想的伟大先驱，培根撰写了《新工具》（*The New Organon*）和《新亚特兰蒂斯》（*The New Atlantis*）。他的著作《古人的智慧》（*The Wisdom of the Ancients*，1609）隐含了古人和现代人之间的鲜明对比。

鉴于有这么多对新颖性的强调，为什么科学家不在他们的书名中使用“现代的”一词呢？答案很简单。无论是在伊斯兰教还是基督教中，“现代哲学”都意味着后异教哲学。举个例子，对威廉·吉尔伯特来说，磁学这种新科学的创立者托马斯·阿奎那（Thomas Aquinas，1225—1274）是一位现代哲学家。其结果是，他没有兴趣将自己的自然哲

学描述为“现代的”，宁愿称它“新的”。与战争和哲学不同，“现代的”一词在哲学中是不可得的，因为它已经被用在了别处。建筑学的情况也是这样。在15世纪，“现代建筑”意味着哥特式建筑。在科学中，只是到了17世纪末，在讨论古人和现代人的过程中，这种情况才开始改变。在《书的战争》（*The Battle of the Books*，1720）中，乔纳森·斯威夫特仍然把阿奎那算作了现代人。但是，在这么做的过程中，他的过时是有意的。勒内·列宾（RenéRapin）是第一批把古人和现代人加以对比的人之一。他于1676年称伽利略是“现代哲学的奠基人”，从而重新定义了现代哲学的概念。鉴于列宾是一名耶稣会士，考虑到伽利略于1633年受到了罗马宗教裁判所的谴责，这一判断更加令人吃惊。但是，这种用法在英语中没有流行开来。然而，虽然稍微有些尴尬，但如果加上一个定冠词，“现代哲学”和“现代哲学之道”还是可以用来指同时代的科学。玻意耳是第一个这样用的人，时间是1666年。1699年，在对新旧哲学进行不加区分的攻击的过程中，基尔恩·哈维（Gideon Harvey）第一个使用了“现代科学”这个短语。到了17世纪末，旧哲学是经院哲学，现代哲学是笛卡儿和牛顿的科学。

正如“现代的”一词在科学语境中确立自身的速度缓慢，只是到了17世纪末，“进步”一词及那些含义相近的词才变成了寻常之语。皇家学会创立于1660年，全称是伦敦皇家改善自然知识学会。“改善”意味着进步，因此并不出人意料，托马斯·斯普拉特的《皇家学会史》（*History of the Royal Society*）比较完整的名称是“伦敦皇家推动实验哲学学会的机构、设计和进步的历史”（*The History of the Institution,Design and Progress of the Royal Society of London for the Advancement of Experimental Philosophy*）。“实验哲学”当然是我们现在所谓的“科学”的另一个名称。这里的“进步”的用法介于其旧含义（一种旅程，因而是一个变化过程）和新含义（一种改善过程）之间，显得有些暧昧。“推进”是另外一个与进步相关的词。一年后，约瑟夫·格兰维尔（Joseph Glanvill）出版了《永无止境：或自亚里士多德以来的知识的进步和进展》（*Plus ultra:or the Progress and*

Advancement of Knowledge since the Days of Aristotle）。正如丹尼尔·勒克莱尔（Daniel Le Clerc）的《物理史，或关于艺术的兴起和进步、从古至今的几大发现的记述》（*The History of Physick,or,An Account of the Rise and Progress of the Art,and the Several Discoveries Therein from Age to Age*，1699）的书名中所表现的那样，到了世纪末，进步已经被视为理所当然。在"进步"一词变得时髦之前，罗伯特·玻意耳曾两次使用盖伦的一段话作为他的题词。这段话说："我们必须大胆地去追寻真理。即使我们没有直接找到它，至少我们会比现在离它更近。"玻意耳是在用追寻来比喻进步。这是进步思想的胜利，与之相伴的还有"现代的"一词的重新定义。这标志着漫长的科学革命第一阶段的终结。时至今日，我们仍在经历着科学革命。

无论如何，进步语言的替代选项还是存在的。它们就是发明和发现的语言，完全服务于相同的目的。1598年，布拉赫坚称，新的宇宙地理日心体系是他的发明。这等于宣称，他以和他声称发明了天文六分仪时完全相同的方式，发明了一种理论。其他人试图把地理日心体系之功从他那里盗走，但说实在的，它仅属于他一个人。1610年，当伽利略向世界宣布他通过望远镜看到的情景时，有人把他和他的同事、佛罗伦萨人阿梅里戈·韦斯普奇（Amerigo Vespucci）做了比较，和克里斯托弗·哥伦布（Christopher Columbus）、斐迪南·麦哲伦（Ferdinand Magellan）做了比较。正如航海家们做的那样，在发现木星的卫星的过程中，伽利略发现了新世界。从此之后，每个科学家都梦想能做出可以与之相媲美的发现。这里有第一位职业科学家罗伯特·胡克（1635—1703）匆匆写就的一段话。他说，从古至今，有很多人探寻"万物的性质和原因"——

但他们的努力只是单打独斗，几乎没有被艺术结合、改善、管控，结果只取得了一些无足轻重、几乎不值一提的产物。但是，尽管人类已经为此思考了6000年（其实应该是60万年还多），仍然是原地踏步，完全不适合、没有能力克服自然知识的困难。但是，这个新被

发现的世界必须被一支科尔特斯的军队征服。这支军队训练有素、管理完善，但人数却很少。

皇家学会将是这支“虽然人数很少但训练有素、管理完善的科尔特斯的军队”。胡克的比喻具有误导性，他也被它误导了。他不仅遭到了阿兹特克人的反对，也遭到了亚里士多德派哲学家的反对。竞争（正如我们将在第三章中所看到的那样）提供了它所需要的唯一训练。但是，在根本性的东西上，他是对的。他之所以选择科尔特斯的军队作为他的形象，是因为他想在脑海里想象出历史上最令人震撼、不可逆转的变化，想发现新世界，想让他的发现有益于他自己的社会，正如对新世界的征服已经让科尔特斯的西班牙富裕了起来。胡克的关键词不是“科学”“革命”“进步”，但如果把他的语言转化成我们的语言，那么我们就有理由说，他梦想的是我们称作“科学革命”的东西。

他并不孤独。1661年，约瑟夫·格兰维尔写道，“亚里士多德哲学不适合新发现。有一个秘密的美洲，有（一个）自然的未知秘鲁”有待去发现:

我不怀疑后人会发现很多事物，不怀疑现在只是传言的东西会变成现实。若干时代后，一次前往南方未知广阔地域的航行，也可能是前往月球，将不会比前往美洲的航行更令人不可思议。对我们的后人来说，买一双翅膀飞向遥远的地区也许将会像买一双靴子踏上旅途那样寻常。乘坐系统的运输工具抵达西印度群岛在未来也许很平常，就像我们进行书信往来那样……现在，那些按照以前的原则的狭隘性判断的人会嘲笑这些反常的期盼。对那些伟大发明而言，虽然它们在后来的时代改变了事物的面貌，但在以前的时代，当它仅仅处在倡议和想象阶段时，它们也被认为是荒谬的。谈论一块新土地［美洲的新世界］已经被发现，对古代来说不啻为一个传奇故事。说在看不见星辰或海岸的情况下通过一种矿石［罗盘］的引导航海，则堪称比代达罗斯的飞行还要荒唐的故事。

格兰维尔当然是对的。我们的确飞行并“抵达”了遥远之地。我们不仅去了澳大利亚，还登上了月球。

托马斯·霍布斯（Thomas Hobbes）认为，在哥白尼之前没有名副其实的天文学，在伽利略之前没有名副其实的物理学，在威廉·哈维（William Harvey）之前没有名副其实的生理学。1655年，他写道：“但自此之后，天文学和自然生理学已经在如此短的时间内取得了非凡的进步……自然生理学因此还是很年轻的。”但是，就表达知识正在被改造、新知识与旧知识大为不同的思想而言，亨利·鲍尔（首批用显微镜、气压计做试验的英国人之一）最为雄辩：

这是一个所有人的灵魂都骚动不安的时代。智慧和学问的精神开始攀登，并且把自己从那些阻碍已久的糟粕和世俗的束缚中解放出来，从无用的观念那些乏味的黏液和残渣中解放出来。它曾经如此艰难地忍受这些东西，早就形成了依赖。

（我认为，）这是一个哲学浩浩荡荡而来的时代。逍遥学派也许仍然想制止这一潮流，或者（和薛西斯一起）给海洋套上脚镣，以阻碍自由哲学的泛滥。我想，我明白旧垃圾何以必须被丢掉，破败的建筑何以必须被推倒，并且它们何以必须被浩浩洪水冲走。在当今这个时代，我们必须为一种更壮丽的哲学奠定新的基础，使其永远不会被推翻。这一哲学将根据经验和感觉来考察自然诸现象，从自然界各种原物中推导出事物的原因，因为按照我们的观察，它在技术上是可以制作的，是机械学确凿无疑的证明。毫无疑问，这是创建一种真正的、永恒的哲学的途径，舍此无他……

1666年，数学家、密码学家约翰·沃利斯（John Wallis，他引入了无穷大符号“∞”）相对谨慎地写道：“因为自那时起，伽利略、（在他之后的）托里切利奥（Torricellio）及其他人已经把机械原理运用于解决哲学困难，自然哲学得到了更明白易懂的表达，并且在不到100年的时间里取得了比以前很多时代大得多的进步，于是更加为人所知。”

胡克、格兰维尔、霍布斯、鲍尔、沃利斯是这场变革的参与者，但就正在发生的情况而言，见多识广的局外人和他们有着共同的理解。1666年，就不久前“机械和实验哲学”对亚里士多德和柏拉图的哲学取得的胜利，塞缪尔·帕克（Samuel Parker）主教进行了赞扬。他宣称：

我们也许有理由期盼皇家学会能更大地改善自然哲学，（如果他们追逐他们的构想）那么它在此前的时代就应该取得这样的成就了。如果他们抛弃了所有特定的假说，全身心地投入严谨的试验和观测，那么他们或许不仅会用一部完整的自然史装点世界，［那是哲学最有用的一部分（自然科学）］而且会为树立假说奠定坚实的基础。

帕克（有很好的理由）认为，知识大改善即将发生，正确的探索方法当时已经得到确立。仅仅两年后，诗人约翰·德莱顿（John Dryden，也有充分的理由）就认为，知识大改善已经开始了：

在过去的这100年（所有基督教界的大师都在从事哲学研究）里，一种差不多全新的自然被展示给了我们，难道这不是显而易见的吗？与自亚里士多德到我们之间的那些轻信、糊涂的时代相比，那一［亚里士多德］学派的错误更多地被察觉到，被做的哲学实验更为有用，光学、医学、解剖学、天文学的高贵秘密被发现得更多，难道不是这样吗？毫无疑问，如果得到正确、广泛的耕耘，没有什么能比科学传播得更快。

德莱顿的年表是正确的，因为“过去的这100年”几乎正好把我们带回了1572年的那颗新星。他的词汇具有典范性，因为他用“*Virtuosi*”来指科学家，用“Science”来指科学。注他承认相对主义的可能性（究竟有多少新自然啊？），同时坚持认为新科学不仅是某种地方风尚，还是我们的自然知识中一种不可逆转的改变。

人们可以继续为科学革命思想的有效性积累这种证据，但众多学者仍然不会被说服，也不能被说服。现在，当历史学家在17世纪自然科学的研究论著中读到“科学的”“革命”“现代”以及（最糟糕的）“进步”时，他们感到担忧。这种担忧不仅是出于对时代错误的语言的恐惧，也是一种要大得多的知识危机的症状。在普遍撤离各种宏大叙事的过程中，这种症状表达了其自身。[注]有人声称，宏大叙事的问题是它们对一种视角的待遇超过了对另一种视角的待遇；替代方法是一种相对主义，它认为所有视角都同样有效。

在支持相对主义的观点中，影响最大的观点来自路德维希·维特根斯坦（Ludwig Wittgenstein，1889—1951）的哲学。[注]在1929—1947年，维特根斯坦曾断断续续地在剑桥任教。就在巴特菲尔德开办科学革命讲座前一年，维特根斯坦离开了剑桥。但就学会如何思考科学来说，巴特菲尔德根本不需要向维特根斯坦求教，并且实际上也不需要向任何一位哲学家求教。直到20世纪50年代末，随着《哲学研究》（*Philosophical Investigations*）于1953年出版，从维特根斯坦那里采纳的观点才开始改变科学的历史和哲学。它们的影响已经清晰可见，例如在托马斯·库恩的《科学革命的结构》一书中。此后，不断有人声称，维特根斯坦已经证明了合理性在文化上完全是相对的。我们的科学也许不同于古罗马人的科学，但我们没有理由认为我们的更好，因为他们的世界与我们的世界有着天壤之别。把二者加以比较的共同标准是不存在的。按照维特根斯坦的意义即用途的学说，真理就是我们选择来制造它的东西；它需要一种社会共识，但我们的言辞和世界的情况之间不需要对应。

相对主义的这第一波浪潮后来受到了其他一些极为不同的知识传统的补充，其中包括J.L.奥斯汀（J.L.Austin）的语言哲学，米歇尔·福柯（Michel Foucault）的后结构主义，雅克·德里达（Jacques Derrida）的后现代主义、理查德·罗蒂（Richard Rorty）的实验主义。“语言学转向”这个短语被经常用来指所有这些不同的传统，因为在维特根斯坦表

达的“我的语言的局限意味着我的世界的局限”的情况上，它们拥有一种共识。[注]正如我们将马上看到的那样，关于科学革命的很多看法都源于这种观点的衍生物。

在科学史上，有一种后维特根斯坦传统尤为重要。这种传统经常被称作科学和技术研究。它源自在爱丁堡大学科学研究所（成立于1964年）工作的巴里·巴恩斯（Barry Barnes）和大卫·布鲁尔（David Bloor），两人都深受维特根斯坦的影响［举个例子，布鲁尔著有《维特根斯坦：一种社会知识理论》（*Wittgenstein:A Social Theory of Knowledge*,1983）］。巴恩斯和布鲁尔提倡他们所谓的“强方案”。使强方案强大的是一种信念，即不仅科学的组织形式或科学家的价值观和抱负可以在社会学上得到解释，就连科学的内容也是如此。它的本质存在于对称原则中。根据这一原则，必须赋予各种知识断言以相同的解释，无论它们是否成功。[注]因此，如果我遇到一个人，他声称地球是平的，那么为了他奇特的信念，我将寻找一种心理学解释和一种社会学解释；如果我遇到一个人，他声称地球是个漂浮在空间中的球体，绕着太阳转，那么我必须如法炮制。强方案坚持，如果解释说第二种信念是对的，那么这就是不合法的；即使说人们之所以相信它，是因为他们有着充分的证据，也是不合法的。就这样，它系统地把使科学观点与众不同的特征排除在外。这一特征就是科学观点求助于更胜一筹的证据。维特根斯坦的信徒绝不会不加批判地接受“证据”观念。实际上，有些人会声称，他们根本就不接受它。1911年，伯特兰·罗素（Bertrand Russell）第一次见到了维特根斯坦。40年后，在简短的讣告中，他回忆了他们早期的相遇给他留下的印象：

> 刚开始我拿不准他是个天才还是个怪人，但我很快就决定支持前者。他的一些早期观点让我难于做这个决定。举个例子，他曾一度认为，一切现存的主张都没有意义。那是在一间教室里，我请他考虑这样一个主张，即“这个房间目前没有河马”。当他拒绝相信这一点时，我看了所有课桌的下面，都没有找到河马。但是，他依然未被说服。

如果始于维特根斯坦的科学的历史和哲学错过了科学的关键点，那么任何人都不应该感到意外。[注]

巴恩斯和布鲁尔是社会学家。他们坚持认为，他们和他们的社会学家同人应该坚守社会学解释。这完全可以理解。但是，他们远不止于此。根据相对主义，科学不是一种逐渐把握现实的方式。这种观点并非这些学者从他们的研究中得出的结论，而是他们植入它的一种假设（追随的是维特根斯坦的解释）。为了证明这一点，这一观点的提倡者坚持认为，证据从未被发现，总是在一个特定的社会群体中被“构建”。说一种证据优于另一种证据，等于采纳了一个群体的观点，拒绝了另一个群体的观点。因此，一种科学研究项目的成功不是取决于它创造新知识的能力，而是取决于它动员一个群体的支持的能力。正如维特根斯坦所说：“劝说尾随理由而来。（想想传教士劝说原住民改变信仰时发生的情况吧。）”

这些学者所呈现的科学与言辞、劝说、权威有关，因为对称原则促使他们假定那就是科学能够相关的一切。在这么做的过程中，他们直接违背早期科学家自身的观点。因此，尽管皇家学会的格言是“*nullius in verba*”（“不要把别人的话照单全收”；或者，也可能是“话不算数”），但一篇很有影响力的文章却取名为“说什么就是什么：早期皇家学会的言辞和权威”（*Totius in verba:*Rhetoric and Authority in the Early Royal Society）。“*nullius in verba*”是皇家学会创始人的主张，表明他们正在摆脱基于言辞和权威的各种知识。[注]一种历史号称对过去的人们的语言极其敏感，却靠着把他们一再地自我言说置之脑后前进。时代错误被屈辱地从后门赶了出去，却通过前门凯旋。

也许令人难以置信，但将科学与权威挂钩的倡导者却在科学史中获得了主导地位。在实践中运用此方法的最惊人的例子是斯蒂芬·沙宾和西蒙·谢弗（Simon Schaffer）的《利维坦与空气泵》（*Leviathan and theAir-pump*，1985）。这部著作被普遍认为是自托马斯·库恩的《科学

革命的结构》以来影响最大的学科著作。(注)用斯蒂芬·沙宾的话说，这部新科学史提供了一种真相社会史。(注)科学方法现在被认为不断变化，因此根本没有科学方法这种东西。保罗·费耶阿本德（Paul Feyerabend）的一部名著就名为“反对方法”（*Against Method*），(注)它的名言是“一切皆有可能”。《告别理性》（*Farewell to Reason*）接踵而至。一些哲学家和几乎所有人类学家都认为，合理性标准具有地方性，且变动不居。

但是，我们必须拒绝维特根斯坦的一种观点，即真理不过是共识。这种观点与对科学做的基本事项之一的理解存在矛盾。这种事项将证明，当一种共识观点与证据不一致时，就必须被抛弃。(注)这方面的经典文本是伽利略为哥白尼学说辩护的“致洛林的克里斯蒂娜的信”（“Letter to Christina of Lorraine”，1615）。他一开始就说，存在哲学家们都同意的某些事项，但他用他的望远镜发现的事实与他们的信念完全不一致；作为一种结果，他们需要改变他们的观点。看上去是真的东西再也不能被认为是真的了。伽利略在这里致力于的东西（甚至可以被说成正在发明的东西）就是沙宾和谢弗所谓的“经验主义者的语言游戏”。按照他们的观点，事实是“被发现的，而非被发明的”。维特根斯坦派则会认为这是对的，然后按照其追随者的观点，他们会一致坚持，没有理由认为这种游戏比别的任何一种更有效，伽利略于是并不比他正在反对的哲学家更有道理。(注)不仅如此，在这一点上，维特根斯坦的科学史使它自己直接与伽利略本人对他的确在做的事情的记述产生了矛盾，科学史与科学发生了直接冲突。(注)

沙宾和谢弗谈及“经验主义语言游戏”，就好像它只是同样有效的语言游戏之一。当此之时，他们假定伽利略和他的对手的语言游戏之外不存在现实，因为语言游戏自身界定了什么将被算作真实的东西；他们假定“我的语言的局限意味着我的世界的局限”。(注)在任何绝对意义上，这都不可能是真实的。伽利略的望远镜改变了天文学家的世

界，而那时他们还没有任何新词来描述他们能够看到的东西，甚至还没有“望远镜”这个词。在介绍他的发现的过程中，伽利略没有被迫以别人觉得困惑或难懂的方式写作。引发惊恐的是他说的东西，而非他怎样说它。然而，尽管哲学家非常理解他说的内容，但他们中的一些人仍继续坚持他和其他天文学家声称看到的东西不可能存在。尽管彼此非常理解，但伽利略的世界和他们的世界有着不同的局限。那些局限不是由他们的语言设置的，而是由他们的优先事项设置的，以及由他们对什么可以协商、什么不能协商的感觉设置的。(注)

望远镜也许显得像一种特殊情况。当然，当我们引入了一种新技术，或去了我们从来没有去过的某个地方，我们的世界改变了。但是，我们每天都经历一些我们没有语言可以描述的东西。在这样的情况下，我们往往难以开口，或者发现我们自己正在说着“难以言表”的东西。只是到了后来的某些时候，我们才找到词语（爱、悲伤、嫉妒、绝望），得以描述我们一直都在感受的东西。“他没有想到，”安德烈的托尔斯泰写道，“他爱上了罗斯托夫小姐。”音乐、性、欢笑等体验的全部意义和奇妙之处在于，没有且永远也不会有任何精确的词语来描述它们。但是，这并不意味着它们不存在。

但是，即使并非总是“我们的语言的局限是我们的世界的局限”这种情况，我们也必须承认，我们的语言常常决定我们能够讨论并精确理解的东西的局限。各种云只是在19世纪初才被命名。“cirrus”（卷云）和“nimbus”（雨云）听起来也许有些陈旧，因为它们是拉丁语。但是，罗马人没有命名各种云。当然，早在有关于云的语言之前，人们对它们的体验就在不同程度上和我们的体验相似了。不妨回头看看17世纪的荷兰海景画作。你将看到，即使画家没有它们的名称，但所有不同种类的云都得到了精确描绘。罗伯特·胡克说：“云的形状各异，有波状的，有头发状的，有起皱状的，有卷状的，有乱糟糟的，不一而足，原因何在？”他显然十分清晰地看到了各种云。但是，他非

常清楚，描述云为他的语言能力所不及。对云的命名是气象学历史上的大事。在此之后，更为严肃的讨论和理解才成为可能。

当我们研究思想时，语言变化是关键，可以帮助我们找出人们理解而他们的前辈不理解的东西。在伽利略用望远镜做出发现之前10年，新时代第一个伟大的实验科学家威廉·吉尔伯特就认识到，“于是我们有时候使用新的、罕见的词，但不是利用词汇愚蠢的面纱来遮掩本来就已经云遮雾罩的事实（画谜，就像炼金术师惯于做的那样），而是要让没有名称、迄今为止从未被察觉到、隐藏的事物或许有可能得到平易、正确的阐释”。[注]108他的书以一个词汇表开头，为的是帮助读者理解这些新词。接下来，就在伽利略发现我们所谓的木星的卫星（伽利略的确没有称它们为卫星，而是先称它们恒星，然后称行星）几个月后，约翰尼斯·开普勒为这些新物体发明了一个新词，即“satellite”（卫星）。[注]因此，重视语言的历史学家需要找出新语言的出现，因为新语言必然表现了人们在其中能够思考，以及他们怎样才能把他们的世界概念化的转变。[注]

在这里，重要的是区别这种主张和这一章开头的观点。历史学家总是不得不学习过去的人们使用的语言，总是必须对语言的变化保持警觉。不过，这不意味着在撰写过去的情况时，他们总是需要使用那种语言。开普勒的“satellite”一词承认伽利略发现了一种新实体，但我们完全有理由说，伽利略发现的是木星的卫星（伽利略和开普勒都没使用过这一术语。我能发现的最早对这个词的使用是在1665年。因此，严格地说，这是时代错误）。这主要是因为，对我们来说，恒星（伽利略使用的词）是固定的，“satellites”（开普勒使用的词）通常是被发射到太空的人造物体。

尽管大谈特谈语言和话语，但就17世纪为从事自然科学打造的新语言的出现而言，最近的科学史却几乎关注不够。在本书第三部分，我将探讨这种语言。实际上，这种新语言无孔不入，就连那些拒绝

把“科学家”一词用于19世纪下半叶以前的任何人的学者，也愉快地讨论起了“事实”“假说”“理论”，仿佛它们是跨文化概念。本书寻求纠正这一特殊过失。注我们可以十分简单地陈述其核心前提之一，即思想革命要求语言革命。因此，要想检验17世纪是否发生了一场科学革命这一主张很简单，只要审视一下必然与之相伴的语言革命即可。就是否真的发生了一场科学革命而言，语言革命实际上是最佳证据。

当我们继续进行时，语言学转变的一些特征值得牢记在心。很显然（正如我们已经在“艺术”和“科学”的情况中所看到的那样），随着时间推移，词的含义发生了变化。但是，词语不会只是改变其含义，而是获得了新含义。有时候，这些含义显得与它们最初的含义风马牛不相及。我们已经看到，“革命”一词被使用时的含义太多了，以至于之所以在是否存在一场科学革命上产生困惑，原因之一就是未能将这些含义区别开来。当我前往我的开户行的地方“分行”（branch，原意为树枝）时，我不会认为这一庞大的商行是一棵树，所以这里的“branch”是一个亡隐。“volume”（卷，体积）一词被用于衡量的语境中也是这样。“volume”在法语中最初不是指一册书，而是指一个三维物体所占的空间。在英语中，相同的用法开始的时间要晚得多。如果我测量一个球体的体积，那么我正在使用的语言就是一个亡隐。

当我们提及“自然法则”时，“法则”一词也是在一种比喻意义上被使用的。要想理解这一短语在其中被使用的语境，考察其起源也许不无帮助。这样一种考察也许最终有助于我们理解，为什么除了一篇关于我们如何使用这一短语（在此情况下，正如维特根斯坦所说，含义就是用法）的描述，“什么是自然法则”这一问题没有好的答案。于是，在英国，我们拥有一种不成文宪法。什么是不成文宪法？任何适当的答案都将充满难点和悖论，但也将需要包括关于国家需要宪法的思想怎样于1735年伴着博林布鲁克（Bolingbroke）起源的记述，以及不成文宪法把英国和美国、法国区别开来的思想的记述。美国和法国是世界上头两个拥有成文宪法的国家。正如一旦成文宪法成为规范，

不成文宪法就会包含显然无法解决的难点，（我们如何知道不成文宪法是什么？它的权威源自哪里？）因此我们在探讨科学中使用的重要概念（“发现”，或“自然法则”）原本就存在问题，至少对我们来说是这样，理解它们的唯一途径是寻回它们的历史。我的看法是，在17世纪，自然科学的思想经历了一种彻底的修正；到了17世纪末，已经形成的思想基本就是我们现在仍然拥有的那种思想。我并非主张那种思想是始终如一或协调的，而是认为它是成功的，为新知识和新技术的发现提供了一个样板。㊟

6

这一章很多部分都与科学的语言有关，这本书的很多章节也将如此。但是，这本书的论点也同样与达·芬奇所谓的“经验的检验”有关。第一代研究科学革命的历史学家和哲学家低估了新证据和新实验的重要性，认为真正重要的东西是巴特菲尔德所谓“科学家自身头脑的转变”。1924年，哲学家埃德温·伯特（Edwin Burtt）认为，现代科学的基础具有先验性。按照科伊雷的观点，“是思想，纯粹、不折不扣的思想，而非经验或感性知觉……为伽利略·伽利莱的‘新科学’提供了基础”。科伊雷认为，使新科学成为可能的关键概念是惯性概念，它是由伽利略通过思考日常经验构建的，出于纯粹的思想实验。在我看来，这似乎是因果倒置，颠倒了整个新科学的故事。㊟科学革命恰恰与新经验和新感性知觉有关。如果科学革命所需要的一切就是新思考，那么这显然不能解释它没有在17世纪之前很久就发生的原因。㊟

但是，近30年来，第二代科学历史学家和哲学家一直在攻击一种主张，即科学革命大大提高了人类理解自然的能力。第二代科学历史学家和哲学家采用相对主义观点，不愿意承认牛顿优于亚里士多德和奥雷姆，即使仅仅在他的理论让更好的预言、新型的干预成为可能的意义上。他们的观点已经让几乎所有人类学家、职业历史学家和众多哲学家信服。但是，他们错了。多亏科学革命，我们拥有的知识才比

古代和中世纪哲学家拥有的可靠多了，并且我们把这种知识称为科学。对第一代来说，新科学全是心理作用；对第二代来说，它不过是一种语言游戏。这两种关于思考和认识的辩论结合在了一起，因为他们都低估了一种思想，即新科学以一种与感觉现实的新结合为基础。他们都忽视了其基本特征，即它系统地采用了经验的检验。

对17世纪下半叶的新科学家而言，他们所处的情况与古典的、阿拉伯的、中世纪的前辈截然不同。他们拥有印刷机（一种15世纪的发明，其影响在17世纪逐渐增加），它创造了新型的知识分子群体，改变了获取信息的渠道。他们拥有一组仪器（望远镜、显微镜、晴雨表），它们都是用玻璃做的，充当了变化的媒介。他们新迷上了经验的检验，这种检验当时已经促进了实验方法的兴起。他们对公认的权威采取了一种新的批判态度。他们拥有一种新语言，这种语言让思考新思想容易多了，我们现在还在讲着这种语言。这些不同的元素互相支撑、结合，使科学革命成为可能。

7

1748年，伟大的启蒙运动哲学家丹尼斯·狄德罗（Denis Diderot）匿名出版了一部名为“轻率的珠宝”（*The Indiscreet Jewels*，这里的“珠宝”是“阴道”的委婉说法）的色情小说。正如他和他的出版者肯定自信地预料的那样，它马上被查禁了，并且立即取得了成功。第29章的副标题是“也许是这篇故事最好、最少被阅读的一部分”。之所以最少被阅读，是因为这一章是个例外，没有性描写。他描述了主人公［苏丹曼高谷尔，是对路易十五（Louis XV）带有谄媚性的暗指］做了一个梦。在梦里，他骑在一匹鹰头马的背上，飞向悬在云里的一座大厦。在那里，一群畸形的人围着一个站在蛛网做的讲道坛上的老人。他一言不发，只是吹气泡。他们都赤身裸体，身上只挂着几片布。这些布是苏格拉底（Socrates）长袍的碎片。主人公发现自己正身处哲学的殿堂。突然——

我远远地看到一个孩子迈着缓慢但坚定的步伐向我们走来。他头小，身瘦，胳膊软，腿短。但是，随着他的前进，他的四肢越长越大。通过不间断地飞速成长，他向我显现了很多不同的样子。我看见他把一架长筒望远镜指向天空，借助一个钟摆测量一个下落物体的速度，用一个充满水银的管子称量空气的重量，用手里的一面棱镜分解光。他变成了一个巨人，头触着了巍巍九天，脚陷入了万丈深渊，手臂从一极伸展到了另一极。他右手摇着一个火炬，火炬的光线向四面八方扩散，照亮了深渊，刺入了大地深处。

巨人摇晃殿堂，殿堂倒塌了，曼高谷尔惊醒了。

就在醒来之前，曼高谷尔问道："这个巨人是谁？"答案也许显而易见，即狄德罗是在描写我们现在称作科学革命的那种知识变革。正如我们将要看到的那样，伽利略已经把他的望远镜指向了天空，梅森（Mersenne，以伽利略为榜样）已经精确测量了下落物体的速度，帕斯卡尔称量了空气的重量，牛顿用一面棱镜分解了光。新科学摧毁了哲学家传授的旧科学。但是，正如我们可能预料的那样，狄德罗给这个新诞生的巨人起的名字不是"Science"。法语中的"Science"过去几乎不专指伽利略和牛顿的新科学，现在也是如此。这是因为，正如我们已经看到的那样，过去和现在都存在各种各样的科学，其中包括现在的社会科学。就连"自然哲学"也不专指科学，因为哲学家曾一直声称他们是自然科学专家。于是，与"自然哲学"相比，"自然科学"并不能更好地起到区分新旧科学的作用。作为替代，柏拉图顺理成章地出现，解释了正在发生的情况。他说："认识经验，因为它就是她。"[注]然而，关于经验，真的没什么新东西吗？经验难道不是所有人共有的某种东西吗？那么，"经验"怎么可能是新科学的正确名称呢？

在回答这个问题的过程中，我将不断探讨一个问题。这个问题就是狄德罗把他的巨人命名为"经验"时提醒我们注意的问题，即找出描述新科学的适当语言存在困难。这不仅是我们在理解它的时候遇到的

问题，更是那些发明它的人遇到的关键问题，也是狄德罗等著文颂扬它的人面临的问题。实际上，我将主张，如果没有一种用于思考的新语言的构建，新科学就不可能出现。这种语言必然是从可用的词和短语中拼凑而成的。在英语中，这种语言先行了一步。举个例子，在英语中，在17世纪，“experience”（经验）和“experiment”（实验）就开始在含义上分开了。（狄德罗是从把英语书籍翻译成法语书籍开始其事业的，非常熟悉这种新语言。）因此，虽然不十分准确，但狄德罗的“*expérience*”可以被翻译成英语中的“experiment”。情况很快就表明，在描述新科学的过程中，“experiment”是一个有用的词，也许比“experience”更有用。当然，我们已经看到，达·芬奇把经验界定为打开可靠知识之门的钥匙。我们可以精确地标识这一语言构建过程的开端，即它始于“discovery”这个新词。这个词使经验不得不扮演的角色开始发生比较广泛的转变，在各种欧洲语言里都有对应词。

在接下来的章节里，我们将看到经验怎样以被导向做出发现的各种观察和实验的形式，于17世纪形成了某种新东西；这种新的发现事业怎样使科学的发明成为可能；这种新科学怎样开始改变世界的过程，以及这一过程怎样产生我们的生活依赖的现代技术。它们讲述了科学诞生的故事，讲述了它幼年的故事，讲述了它怎样令人意想不到地转变成了我们现在都生活在其阴影之下的巨人的故事。但是，狄德罗那奇特的一章也起到了警示作用。借助梦的结构、怪物和寓言、语言上的油滑，它传达了一种困难感。经验的历史，这种新经验的历史，会是什么样呢?

对我们来说，与狄德罗相比，回答这个问题似乎要容易得多。这是因为，他当时仍沉浸于牛顿学说的胜利（与英国相比，它在法国来得较晚）之中，而我们拥有后见之明的优势。但是，狄德罗也拥有压倒我们的一大优势。他于1732年从索邦神学院毕业，在亚里士多德哲学的世界里接受了教育。他知道昨日世界的毁灭是多么惊人，因为他曾经亲身经历。从鸟瞰的视角（即从历史学家的视角）看，科学革命

是一个漫长、缓慢的过程，始于第谷·布拉赫，终于牛顿。但是，对那些卷入其中的人来说，如伽利略、胡克、玻意耳及其同事，它代表着一系列突然、紧迫的改变。由于是以旧的方式接受的教育，狄德罗在1735年仍计划成为一名天主教神父。至1748年，也就是十多年之后，他成了无神论者和唯物主义者，已经就《百科全书》（*Encyclopaedia*）开展工作。这部书的第一卷于1751年出版。对他来说，哲学殿堂的毁灭不是一个历史事件，而是一种个人经历，是他从一场噩梦中醒来的时刻。

---

1. 英国的剑桥落后于马萨诸塞州的剑桥。在哈佛，乔治·萨顿于1917年开办了他的第一门科学史课程，于1940年成了科学史教授。

2. 自斯诺发表演讲以来的那些年里，两种文化的问题加深了。科学史非但没有成为艺术和科学之间的桥梁，如今反倒给科学家们提供了他们中的大多数认不出来的一幅关于他们自己的图画。这已经成了问题的一部分，而没有成为解决办法的一部分。

3. Koyré，Études Galiléennes，1966，12（这里使用的“革命”与加斯东·巴舍拉使用的“转变”一词等同）。海森堡的《运动与机械关系的量子理论的重新诠释》（Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen，1925）是一篇奠定了现代量子力学基础的论文。它促成了薛定谔（Schrödinger）的方程（描述了一种物理系统的量子状态怎样随着时间而变化）于1926年1月发表，促成了海森堡的测不准原理（某个粒子的位置被确定得越精确，它的动量就越不可能被精确获知，反之亦然）于1927年得到系统表述。科伊雷的《伽利略研究》第一版出版于1939年（不过，实际的出版日期是1940年4月，可参看Costabel，“Sur l’origine de la science classique”，1947，208。科伊雷本人有时也采用1940年这个日期）。其结果是，几乎所有的评论家都把科伊雷使用“科学革命”的日期定在了1939年。然而，第一篇相关论文已经于1935年发表：Murdoch，“Pierre Duhem and the History of Late-Medieval Science”（1991），274。因此，“最后10年”指的是1925年以来的10年。

4. 杜威当时正在攻击马克思主义。他写道:“我们严格科学的经济学解释者会认为，经济力呈现出一种不可避免的进化，国家和教会、艺术和文学、科学和哲学是它们的副产品。如果暗示虽然现代工业大大刺激了科学探索，然而18世纪的工业革命却跟随17世纪的科学革命而来，那么这就毫无意义了。那种教条禁止任何联系。”Dewey，German Philosophy and Politics（1915），6。在杜威后来的著作中，那个词一再出现。

5. 可参见上一个注释或参见，例如，Butterfield，The Origins of Modern Science（1950），197—198。巴特菲尔德写道：“实际上，关于源自这样一种复杂、互相关联

的变化的体系的科学、工业、农业革命，在缺乏微观考查的情况下，我们不得不把它们当作一种全面运动的不同方面而堆积在一起……”

6. 可参见“关于希腊‘科学’和中世纪‘科学’的注释”（本书第631页）。

7. 对革命性巨变意料之外的结果进行了经典研究的是：Tocqueville，The Old Regime and the Revolution （1856）。

8. 他显然也应该没有判断的权利。我相信，没有人愿意去读某个没有能力传达判断的人撰写的一篇关于奴隶制的报告。

9. 巴特菲尔德曾经斩钉截铁地说：“在辉格历史学家对‘起源’的探求中，他（辉格历史学家）根本性错误的认识的后果表现得最为明显。”“历史不是对起源的研究，而是对把过去转变成我们的现在的一切中介的分析。”Butterfield，The Whig Interpretation of History，（1931），42—43，47。关于其观点的演变，可参看Sewell，“ The‘Herbert Butterfield Problem’and Its Resolution” （2003）。

10. 在《现代科学的起源》中，对语言的兴趣仅仅微光闪烁。例如，在对启蒙运动的起源的讨论中，“鉴于‘理性’曾一度是一种需要长期、密集的培训加以训练的东西，这个词的准确含义开始变化，现在无人敢说他掌握了它的含义，尤其是在他的头脑未被教育和传统破坏的情况下。实际上，‘理性’开始更多地意味着我们今天应该称作常识的东西”。（170）

11. Wilson & Ashplant，“Whig History”（1988）。这种看法的一个重要来源是，Skinner，“Meaning and Understanding in the History of Ideas”（1969）。（正如最初所陈述的那样，斯金纳的观点源于维特根斯坦。不过，在其2002年的修订版中，这一点不太清晰：Wootton，“The Hard Look Back”，2003）。这有点迟缓，只是刚刚开始影响科学史，有代表性的是，Shapin & Schaffer，Leviathan and the Air-pump （1985）；Cunningham，“Getting the Game Right” （1988）。

12. 在线《牛津英语词典》最新版本（2014年3月）给出了“scientific”首次使用发生于1675年，意思是“与科学（尤其是自然科学）相关或涉及科学……对科学的处理；把科学当成其对象”。在1757年以前，没有进一步的用法被记录下来；就现代意义的“science”（“一种知识和实践活动，包含那些与物理宇宙及其定律相关的研究分支”）而言，它给出的首次使用是在1779年（现代意义的“scientific”为何较早使用？这个问题相当令人困惑，但正如我们将看到的那样，那种被指定意义上的“science”的使用要早得多）。

13. 于是，沙宾认为，“就历史学家、文化人类学家、知识的社会学家而言，把真理当作公认信仰来对待算得上一种方法准则，也的确如此”（Shapin，A Social History of Truth，1994，4）。可参看“关于相对论和相对论者的注释”，第1条（580—581）。

14. 除了拓展心智的艺术、受过教育的人的技能，还有涉及体力劳动的艺术，即手工艺术，例如黄金加工和石工技术。

15. 神学在什么时候不再是一门科学了？也许是伴着，Temple，Miscellanea: The Third Part（1701），261。

16. 于是，约瑟夫·扎利诺（Gioseffo Zarlino）把音乐的科学描述为“从属于”（sottoposto）哲学（Zarlino，Dimostrationi harmoniche，1571，9）。1611年，罗马耶稣会的天文学家接受了金星绕着太阳转这个观点。他们之所以这么做，是想让“哲学家蒙羞”。哲学家还不习惯于这样的反抗（Lattis，Between Copernicus and Galileo，1994，193）。

17. 在牛顿之前，有开普勒。开普勒的《新天文学》（New Astronomy, Based upon Causes, or Celestial Physics，1609）有意把（应对天文学的）数学家的世界和（应对物理学和自然因果关系的）自然哲学家的世界混为一谈。

18. 《绘画论》（Treatise on Painting）首次出版于1651年。大约在1540年前后，达·芬奇的学生弗朗切斯科·梅尔奇（Francesco Melzi）根据他的笔记整理出文本。该文本曾长期以手稿形式流传。

19. 达芬奇给自己贴了一个标签，即“Leonardo Vinci disscepolo della sperientia”（莱昂纳多，经验的信徒）（Nicholl，Leonardo da Vinci，2004，7）。

20. 第一本自称呈现了一种“新哲学”的书似乎是弗朗西斯科·帕特里齐（Francesco Patrizi）1591年的反亚里士多德的《一种新普遍哲学》（Nova de universis philosophia或A New Universal Philosophy）。

21. “philosophia”和“philosophus”的拉丁语根源被归入了古典拉丁语，不过它们的根源其实是希腊语。

22. “Filosofo e matematico primario del sermo Gran Duca di Toscana”是伽利略使用的头衔，即：伽利略是大公唯一的哲学家、首席数学家。

23. 如果搜索一下在线早期英语书籍（此后将被称作EEBO），那么你将搜到245个变体形式或变体拼写。此外，你还将搜到29个“sciences natural”、8个“science of nature”。关于伽利略对“自然科学”的使用，可见第511页。关于米利耶·德·恰尔斯（Milliet de Chales）对这个词的使用，可见注释18。另外一个替代术语是“physical science”（25次）。举个例子，在法语中，可看Dupleix，La Physique, ou science naturelle（1603）；我能发现的单数“science naturelle”最早的例子是在1586年，复数是在1537年。在意大利语中，扎利诺把对物体的研究界定为“scienza naturale”，也被称作“fisica”（Zarlino，Dimostrationi harmoniche，1571，9）；音乐被界定为一种混合科学，一部分是物质的，一部分是数学的。阿德里安·约翰斯（Adrian Johns）说，“现代社会早期不存在科学”（Johns，“Identity, Practice and Trust”，1999，1125。我引用的是摘要。也可看Johns，The Nature of the Book，1998，6 n. 4，以及42—43。他说，“有一种看法认为，现代早期科学的历史是不存在的”）。他不承认哪里存在“自然科学”这种东西。在上述文本中，他只考虑自然哲学和数学，不考虑“生物学”和“物理学”等科学。他声称科学仅指“特定的、指示性的知识”，显示了17世纪对科学存在根本的误解。就举两个例子，除

音乐外，地理学和解剖学也是科学。同样的混淆也可在以下二人的著作中被发现，Cunningham，“Getting the Game Right”，（1988）；Henry，The Scientific Revolution（2008），4—5。

24. 还有第三个词，即“physiologer”，现在已经完全不用了。

25. 在这些词中，到目前为止，最常见的是“mechanical philosophy”（在 EEBO出现了26次）和“physico-mechanical”（122次）；“experimental philosophy”（352次，另外在“experimental natural philosophy”中出现了24次）仍比较常见。“Mathematical philosopher”与“natural philosopher”相对，见Benedetti，Consideratione（1579），15。后来（49），他一语双关地道出了“naturale”的不同含义。他说，严谨的哲学家是严肃认真的，自然哲学家则是完全“自然的”（意思是头脑简单）。在1650年以前，“natural philosophy”这个词是不存在问题的。吉尔伯特仅在《磁铁论》（De magnete）中使用过一次“philosophia naturalis”，指的是旧的思维方式（Gilbert，De magnete，1600年，116页）；在伽利略的《对话》中，这个词出现了三次，总是指亚里士多德哲学。对马林·梅森而言，伽利略不是哲学家，而是“数学家和工程师”（Garber，“On the Frontlines of the Scientific Revolution”，2004，151—152，156—159）。梅森是神学家、哲学家、数学家。只是到了17世纪40年代，自然哲学才成了一个重要的门类。这很大程度上要归功于笛卡儿的影响。

26. 关于老用法，Woodward，Dr Friend’s Epistle to Dr Mead（1719）。关于新用法，Jurin，A Letter to the Right Reverend the Bishop of Cloyne（1744），18。他写道：“如果我向阁下保证，在科学的人看来，即使阁下的言辞能够顺利应付女人，也经受不住经验和有充分根据的知识的检验，那么我希望阁下务必要原谅我。阁下，请准许我像化学家通告你的那样假定，就像火不能从玻璃中提取出盐那样，水也不能从焦油中提取出油。”

27. Ross，“‘Scientist’：The Story of a Word”，1962，78。惠威尔明白，对这个词的反对是以词源学为基础的。他说，“某位聪明的绅士（即惠威尔本人，在英国科学促进协会的一次会议上）提出，通过与‘artist’（艺术家）类比，他们可以构造‘scientist’。他补充说，在随意使用这个词尾上应该没有顾虑，因为我们拥有‘sciolist’（一知半解的人）、‘economist’（经济学家）、‘atheist’（无神论者）这样的词。但是，他的提议没有被普遍接受”（Whewell，“On the Connexion of the Physical Sciences”，1834，59）。惠威尔之所以在1834年提出这个问题，其动机可能部分是出于“scientist”与“man of science”不同，是个性别中立的词，当时他正在评论科学作家玛丽·萨默维尔（Mary Somerville）的一部著作。数年后，在广泛讨论科学语言的背景下，他重提这一话题。在讨论中，他主张，“尽管不同语言在词源中的结合一般来说应该避免，但在某些情况下是可以采纳的”。他进一步认为（与普遍观点相左），“ist”这样的词尾“适用于各种起源的词……因此，当需要时，我们可以创造这样的词。鉴于我们不能用“physician”来指代物理耕耘者，我已经称他为“physicist”。我们非常需要一个词来描述一般的科学耕耘者。我比较倾向于称他“Scientist”。这样一来，我们就可以说，“artist”可以

是“Musician”（音乐家）、“Painter”（画家）、“Poet”（诗人）那样，“scientist”可以是“Mathematician”（数学家）、“Physicist”（物理学家）、“Naturalist”（博物学家）”［Whewel，The Philosophy of the Inductive Sciences，1840，cvi，cxiii；“artist”看上去像个拉丁语—希腊语混合词，实际上就像“dentist”（牙医）那样，是从法语输入的］。但是，尽管惠威尔如此主张，高尔顿（Galton）的《英国的科学的人》（English Men of Science，1874）中却没有出现“scientist”。该书是对皇家学会190位会员的研究。根据谷歌的元语法，只是到了1882年，“scientist” + “scientists”的使用频率才超过了“man of science”+“men of science”。也正是在这一年，英国科学促进协会的年度会长演讲才首次使用了“scientist”一词。但是，在20世纪20年代，伟大的生物学家（经典著作学者）达基·温特沃斯·汤普森（D’Arcy Wentworth Thompson）仍避免使用它。正如人们会预料的那样，这个词在美国流行的速度比在英国快，因为英国的科学家仍然接受古典教育。Ross，“‘Scientist’: The Story of a Word”（1962）；Secord，Visions of Science（2014），105（他大错特错，声称惠威尔使用那个词意在“贬低”；惠威尔以“sciolist”为例，并不是因为科学是一种体面的职业，而仅仅是因为它是一个拉丁语—希腊语混合词，尤其是他的反对者视为不可接受而加以拒绝的那种混合词）；Barton，“Men of science”（2003），80—90 和 n. 33。

28. 因此，在法语中，你可以找到单数的“physic”来表示自然科学的意思，复数的不行。例如：Daneau，Physique françoise, comprenant . . . le discours des choses naturelles, tant célestes que terrestres, selon que les philosophes les ont descrites （1581）。

29. 主管是被任命的，这几乎是牛津和剑桥团体都有的一种情况。因此，英国几乎所有高校教师都是牧师。

30. 就我所知，达尔文从来没有自称为“科学家”。但时，最迟到1892年，“博物学家”仍有可能是自然科学学生的恰当泛称（《牛津英语词典》s.v. naturalist）。

31. 关于公爵的哲学家的说法，见Consideratione，封面，1579年；关于公爵的数学家的说法，见De temporum emendatione opinio，封面，1578年。

32. 他们之后是约翰·西奥菲勒斯·德萨古里亚斯（John Theophilus Desaguliers）。他在1716—1743年担任实验负责人。

33. 这个词的一个早期使用例子是一种延伸用法，见Daniel Defoe，Robinson Crusoe（1719）。书中说，“贸易的革命引发事物性质的革命”。但是，这是18世纪的例子，不是17世纪的。

34. “如果让过去从属于现在，就不可能真正地理解历史。要想做到这一点，就必须把过去变成我们的现在，并尝试用生活在与我们不同世纪的人的眼睛去审视生活……可以说，一只眼盯着现在的对过去的研究是历史中一切罪孽和诡辩的根源，即使是它们中最简单的，也导致了时代错误。”Butterfield，The Whig Interpretation of History（1931），16，31—32。

35. 后来，彼得·肖（Peter Shaw）谈及了“彻底的哲学改革”，说它改造了自然科学和医学（Shaw，A Treatise of Incurable Diseases，1723，3）；理查德·戴维斯（Richard Davies）于1740年写道，在牛顿的《原理》出版后很久，大约在1707年前后，“有学问的人才开始意识到，作者（即牛顿）究竟朝着哲学改革做了多少努力”。（Davies，Memoirs of Saunderson，1741年，v）。

36. 这里提及了1641年的《根枝法》。该法案寻求废除主教制度，并导致了内战。

37. 值得注意的是，甚至在1789年以前，其实也早于1776年，拉瓦锡就写到了化学革命。1772年或1773年，在其化学笔记本上，他写道：“由于事关重大，我又投入了工作之中；在我看来，这是一个引发物理和化学革命的好机会。”

38. 除了“改革”，还有没有别的词可以替代“革命”？［拉斯莱特（Laslett）一度呼吁用一个新标签来取代科学革命：Laslett，“Commentary”，1963］。1620年，弗朗西斯·培根呼吁进行一场“Great Instauration”。这里的“Instauration”是“开拓”的意思。这个词虽然模糊，但是恰如其分。培根希望产生一种新的、实用的、有用的、技术的科学，这种科学也最终产生了（虽然没有他希望的那样快）。17世纪60年代，皇家学会回过头来审视培根，认为他是第一个阐明了新科学的原则的人。因此，谈论“大开拓”显然就可以避免时代错误了（例如，Webster，The Great Instauration，1975）。但是，就其实际含义而言，不清楚这么做会造成什么真正的区别。此外，无论在何种情况下，培根的短语都没有被皇家学会的成员采纳（“培根勋爵的艺术和科学开拓意图”仅在《哲学汇刊》中被提到了一次，时间是1677年3月25日）。

39. “然后认真研究这些现代地图。你将看到，不仅整个世界一览无余，就连每个特定的地方也包含其中。”Blundeville，A Briefe Description of Universal Mappes（1589），C4r。

40. 关于该部分内容，见第六章。

41. 这也许是第一次不加限定地用“科学”来指代“自然科学”。《牛津英语词典》之所以未能认识到这里用的这个词的意义，可能是因为没有在语境中来读它。

42. “宏大叙事”一词源自Lyotard，La Condition postmoderne（1979）。

43. 在科学文献的历史上，人们普遍想当然地认为维特根斯坦是一位相对主义者。对我来说，这种观点似乎是错的。但是，在正文中，我回避了这一观点。可看注释“维特根斯坦：非相对主义者”（577—580）。在正文中，无论是在这里，还是在第15章中，我都概述了我所谓的维特根斯坦立场。虽然这种概述的确可以声称是以维特根斯坦的文本为基础的，但我认为它不是维特根斯坦的立场。

44. Rorty（ed.），The Linguistic Turn（1967）；Wittgenstein，Tractatus Logico-philosophicus（1933），5.6。威廉斯（Williams）的“维特根斯坦和理想主义”（“Wittgenstein and Idealism”，1973）认为，维特根斯坦探讨的是一般的语言局限，并非任何特定语言或任何特定说话人（当然，每个说话人都可能会讲不止一种语言）的

局限。维特根斯坦无疑二者都探讨了。他有意在第一人称单数和第一人称复数间来回移动，以传达那两种观点。

45. 上述内容也被称为同等公理。可见“关于相对主义和相对主义者的注释”，第2条（581—582）。

46. 维特根斯坦究竟为什么在1911年持这种观点，让研究维特根斯坦的学者感到困惑。McDonald，“Russell, Wittgenstein and the Problem of the Rhinoceros”（1993）。（罗素的记忆骗了他，因为根据他当时的书信，不在房间里的显然是犀牛，而非河马。）

47. 迪尔（Dear），“Totius in verba”，1985）。“totius in verba”是什么意思？他从来没说。“nullius in verba”的正确翻译是“不要把别人的话照单全收”，因为它是来自贺拉斯（Horace）的引文，并且这是原文中的含义（Sutton，“Nullius in verba”，1994）；这句来自贺拉斯的格言已经被用于Carpenter，Philosophia libera （1622），1st sig. 8v（该文本与1621年版本存在差异）；但是，“nullius”也可能意味着虚无，因此“说话不算数”也是一种可能对的翻译。然而，“totius in verba”不能意味着“说什么就是什么”（当然，这是迪尔所指的意思），而是必须意味着“就作为整体的话而言”，因为“totius”和“nullius”在它们的所有用法上都不是反义词。我以后还将谈到“nullius in verba”。就伽利略反对科学的成功可以基于言辞造诣这一观点，可以看下文，511页。

48. 关于此处内容，见“关于相对主义和相对主义者的注释”，第3条（582—583）。

49. 关于此处内容，见“关于相对主义和相对主义者的注释”，第4条（583—585）。

50. 直到1975年，《反对方法》才作为一本书出现。但是，其肇端却始于在1966年被提交的会议论文（Feyerabend，“Against Method”，1970）。这本书的第一版精装本的书皮上没有刊印司空见惯的作者简介，而是刊印了他的天宫图，可见费耶阿本德肯定坚持了他的相对主义（不过有打趣的意味）。关于他对占星术的辩护，见 Feyerabend，Science in a Free Society （1978），91—96。

51. 维特根斯坦的追随者坚持，一种信仰体系从来不会被新证据驳倒；波普尔的追随者坚持，反驳是简单的；库恩的追随者坚持，新证据可以让一种信仰体系陷入危机，并最终造成一种朝着新常识的革命性转化。大体而言，库恩派的观点、波普尔派的观点与对科学所做之事的理解是兼容的。正如他的追随者所呈现的那样，维特根斯坦的立场从根本上说是反科学的。我将在第15章再次探讨这一点。

52. “问题难道不是‘如果就连在这些最根本的事情上你都必须改变你的看法，会怎样呢’？对我来说，答案似乎是，‘你不必改变。那就是他们所谓的根本’。”（Wittgenstein，On Certainty，1969，§512）

53. 维特根斯坦写道：“假设我们遇见了一些人，他们不把（物理学论断）视为一种不言自明的理由。那么，我们想象一下，接下来会怎样呢？他们不会去咨询物理学家，而是会去征询神谕。（我们也会因此认为他们愚昧。）他们征询神谕，接受神谕的指导，难道错了吗？如果我们说这是‘错的’，那么我们岂不是在以我们的语言游戏为基础与他们搏斗吗？”（Wittgenstein，On Certainty，1969，§609）。在这个例子中，沙宾和谢弗

没有去征询伽利略（或玻意耳，他的语言有意地模仿了伽利略的语言），而是去征询维特根斯坦，以他的语言游戏为基础与科学搏斗。

54. 实际上，强方案的提倡者对待经验主义游戏，就像它是一些同样虚假的语言游戏之一，因为在他们眼里，只有维特根斯坦的元游戏才是有效的。除了那些论述每个人如何受到语言限制的人，每个人都受到语言的限制。但是，我们不需要认真考察这种致命的缺陷。

55. 库恩认为居于不同知识世界的人们之间的交流存在限制，但人们普遍认为他夸大了这种看法。伽利略和他的批评者是在取得一致上存在困难，而非在沟通上。他们玩弄不同的规则，但他们能够理解他们的对手的举动。如果想大概了解库恩的观点，见Sankey，“Kuhn’s Changing Concept of Incommensurability”（1993）；如果想了解对库恩的批判，见Sankey，“Taxonomic Incommensurability”（1998）。也可见Hacking，“Was There Ever a Radical Mistranslation?”（1981）。

56. 这是问题的关键所在。正如社会学家所阐释的那样，维特根斯坦的整个事业被导向了驳斥一种观念，即：独立于话语的认识有可能存在。于是，他说，“‘与现实一致’的观念的确没有任何清晰的用途”（On Certainty，§215）。科学当然寻求显示它所做的东西，正如罗素寻求证明房间里没有河马。

57. Narratio de observatis Jovis satellitibus，日期为1610年9月11日，但于1611年发表（一种现代版本见Kepler，Dissertatio cum nuncio sidereo，1993）。在古典拉丁语中，“satellitium”的意思是护卫者和卫士。

58. “当语言游戏改变了，接着概念也会发生变化；随着概念的变化，词的含义也发生了变化。”Wittgenstein，On Certainty（1969），§65。

59. 值得注意的是，“语言学转变”之后很久，仍然无人书写使科学事业成为可能的那些关键的词/概念的基本历史。在一定程度上，目前这本书可以被视为布鲁诺·斯奈尔对科学的原始起源的记述的拓展。Snell，“The Origin of Scientific Thought”（1953年，首次出版于1929年）；Snell，“The Forging of a Language for Science in Ancient Greece”（1960）。

60. “出于理解和促进科学实践的目的”，张夏硕写道，“我想建议对我们的知识概念进行根本的重新定位，从能力而非信仰的角度思考它。”（Chang，Is Water H2O？，2012，215；关于“success”，227—233）。我将在最后一章重新讲述这一点。

61. 当然，这是对伽利略的误解，举个例子，可看伽利略关于潮汐的文章（Galilei，Le opere，1890，Vol. 5，371—395）。在这篇文章中，经验被描述为一种可靠的向导，即“sensate esperienze（scorte sicure nel vero filosofare）”（378）；Stabile，“Il concetto di esperienza in Galilei”（2002）；Galilei，Le opere（1890），Vol. 10，118（Galileo to Altobelli），Vol. 18，249（Galileo to Liceti）& 69（Baliani to Galileo）。伽利略的父亲文森佐反复强调了经验的首要性，Palisca，“Vincenzo Galileo”（2000）。

62. 如果思考足以产生新科学，那么新科学将不会始于伽利略，而会始于14世纪的哲学家尼古拉斯·奥雷姆。有人充其量会认为，特定古典文本（阿基米德、卢克莱修、柏拉图）的发现是新思考不可或缺的先决条件。但是，这一过程在15世纪中期就完成了。

63. “Reconnoissez l’Expérience, me répondit-il; c’est elle-même”［Diderot，Les Bijoux Indiscrets，1748，Vol. 1，352（of 370）］。

第1部　天空与地球

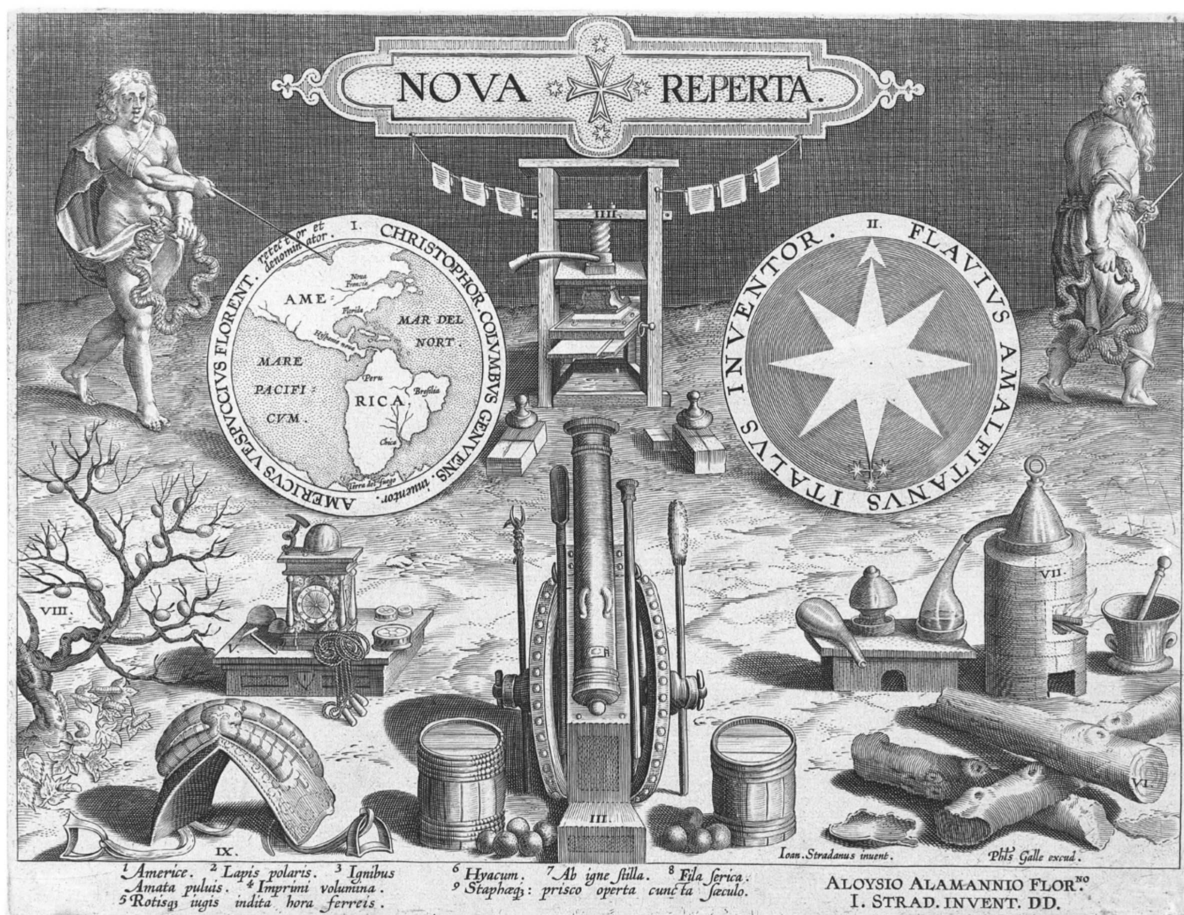
那美过天空，包含一切美的事物到底是什么？

——尼古拉·哥白尼（

Nicholas Copernicus），

《天体运行论》，1543

第一部分的两章讲述的是三次知识革命。它们改变了人们构想宇宙的方式。第一次革命认为，在哥伦布于1492年发现美洲之前，不存在清晰的、公认的发现思想；正如将要变得显而易见的那样，发现思想是科学革命的先决条件。第二次革命显示，美洲的发现推翻了一个关于世界的核心主张。这一主张在1492年前被普遍接受，认为不可能存在正相对的大陆。美洲的发现则证明，从旧世界各部分的角度看，南美洲正好处在地球的中央。于是，这就带来了一个直接后果，人们对地球如何构成的理解发生了巨大改变，产生了水陆球体的概念。就继之发生的天文学革命来说，这是一个关键的先决条件。这一直接后果是本书第四章的主题。第四章接着重新评估了托马斯·库恩所谓的哥白尼革命。正如我们将要看到的那样，哥白尼革命直到17世纪才发生；在16世纪，很少有天文学家接受哥白尼的主张，即地球绕着太阳旋转，而非一动不动地居于宇宙的中心。真正的天文学革命是伴着三种情况而来的，其一是第谷·布拉赫的新星，其二是对水晶球体信条的抛弃，其三是望远镜的发明。天文学革命的关键日期不是1543年，而是1611年。



约翰内斯·佩特莱乌斯《新发现》（*New Discoveries*，亦即*Nova reperta*，约1591）的书名页归纳了把现代世界与古代世界区别开来的知识。美洲的发现、罗盘的发明以及二者之间的印刷机的发明被赋予了最重要的位置。火药、钟表、丝织、蒸馏、带马镫的马鞍也得到了呈现。

第三章　发明发现

发现是科学的全部。

——N.R.汉森（N.R.Hanson），“对发现的剖析”

（“An Anatomy of Discovery”），1967

1

1492年10月11/12日夜，克里斯托弗·哥伦布发现了美洲。自维京人看到新世界以来，第一个看到新世界的欧洲人要么是“圣玛利亚”号上的哥伦布，要么是“平塔”号上的瞭望员。那个瞭望员实际上借助月光看到了陆地。哥伦布则声称，在几个小时前，他就已经看到一道光在黑暗中闪耀。他们认为，他们正在靠近的陆地是亚洲的一部分。实际上，终其一生（哥白尼卒于1506年），哥白尼都拒绝承认美洲是一个大陆。第一个把美洲标示为一大片陆地（尚未确定是一个大陆）的制图员是马丁·瓦尔德泽米勒（Martin Waldseemüller），时间是1507年。

哥伦布发现了美洲这个未知世界，不过他当时其实在寻找一条通往一个已知世界的新航路。这个已知世界就是中国。他发现了一块新陆地，却没有一个词来描述他做的事情。哥伦布没有受过正规教育，但懂几种语言，其中包括意大利语、葡萄牙语、卡斯蒂利亚语，补充了他儿时的热那亚方言。但是，只有葡萄牙语有一个词“*discobrir*”具有“发现”的意思，并且这个词扩展出这个意义的时间还不长，仅仅从1485年开始。当时，哥伦布希望获得葡萄牙国王对其探险的支持，却遭到了冷遇。

发现思想的产生和哥伦布为其成功探险制订计划在时间上相同，但哥伦布却不能求助于它，因为他撰写航海报告用的是西班牙语和拉丁语，没有使用葡萄牙语。与“发现”的意思最接近的古典拉丁语动词是“*invenio*”（找出）、“*reperio*”（获得）和“*exploro*”（探索），与它们相对应的名词分别是“*inventum*”“*repertum*”“*exploratum*”。“*Invenio*”被哥伦布用来宣告他对新世界的发现；“*reperio*”被约翰内斯·施特拉丹乌斯（Johannes Stradanus）用于他的版画书的书名，那本书用插图阐释了新发现（约1591）；“*exploro*”被伽利略用来宣布他对木星的卫星的发现（1610）。在现代译本中，这些词通常被表示为“发现”。但是，这遮蔽了一个事实，即在1492年，“发现”并不是一个已确立的概念。100多年后，在用拉丁语写作时，伽利略仍然需要使用“我之前的所有天文学家不知道的”这样绕弯的短语来表达它。注

在所有主要欧洲语言中，对一个意为“发现”的词的比喻用法迅速被采用，来描述发现性质的航海。先行一步的是葡萄牙人。他们率先投入了探险之旅。在始于1421年的一系列探索中，他们沿着非洲海岸航行，试图发现一条通往印度香料岛屿的海上路线（在此过程中，他们证明，与大学里公认的学说正相反，赤道地区并非热得不适合人类生存）。到了1484年，在葡萄牙语中，“*descobrir*”一词已经被用来表述“探索”（也许正如其拉丁语翻译词“*patefacere*”那样，意为摊开）。然而，1486年，费尔南·都尔莫（Fernão Dulmo）提出了一种崭新的计划，即向西航行，跨越大洋，进入未知地域，去发现（*descobrirse ou acharse*，意为发现、找到）新陆地（两年后，哥伦布提出了向西航行抵达中国的倡议，与此同出一辙）。那次航海或许永远也不会发生，但它将是发现之一，而非探险之一。都尔莫什么也没发现，但它的发现概念迅速拥有了它自己的生命。注

随着阿梅里戈·韦斯普奇所写（或被认为所写）的两封信中第二封信的出版，那个新词开始在欧洲传播。在信中，他描述了他在为葡萄牙国王服务的过程中所进行的前往新世界的旅行。这封“致皮耶罗·索

德里尼的信”（“Letter to Piero Soderini”）是用意大利语写的，并且也是用意大利语首次出版的。到1516年，它已经出现在了十多个版本中。在意大利语中，它使用了“*discoperio*”9次，是从葡萄牙语移植过来的。拉丁语译本（基于一个失传的法语中介本）出版于1507年，使用了“*discooperio*”两次。这是这个词以其现代含义“发现”的首次运用。“*discooperio*”存在于晚期拉丁语（出现于武加大译本中）中，但只意味着“揭开盖子”。由于它从未出现在古典拉丁语中，“*discooperio*”从来没有成为一个得体的词。无论如何，发现是个新概念，最初它要求解释。韦斯普奇有益地解释说，他正在撰述对“我们的祖先绝对没有提及的”一个新世界的发现。(注)

那个新词传播的速度几乎和新世界的消息一样快。费尔南·洛佩斯·德·卡斯塔达内（Fernão Lopes de Castanheda）于1551年出版了《印度的发现与征服的历史》（*História do descobrimento e conquista daÍndia*，这里的印度其实是新世界），并且被迅速翻译成了法语、意大利语和西班牙语，后来被翻译成了德语和英语，在巩固新用法上发挥了关键作用。从其首批在书名中的出现看，我们能够看到这个词被确立起来的速度有多快，其中在荷兰语中为1524年（但直到1652年才再次出现），在葡萄牙语中为1551年，在意大利语中为1552年，在法语中为1553年，在西班牙语中为1554年，在英语中为1563年，在德语中为1613年。

书籍出版表

这里有一些关于印刷书籍的本数的数字，以千计。毫无疑问，它们只是比较精确的估计数字。印刷革命是一个规模庞大的过程，但同时又是一个冗长的过程，并且恰好与科学革命同时发生（可看下面的文字，第95页）。1500年，它只是刚开始加速：

1450—1500	1500—1550	1550—1600	1600—1650	1650—1700	1700—1750
12,589	79,017	138,427	200,906	331,035	355,073

（来自Buringh&van Zanden，“Charting the‘Rise of the West’”，2009,418.）

如果发现对韦斯普奇来说是新的，那么发明就肯定不是新的？在16世纪和17世纪，火药、印刷术、罗盘是最频繁被列举的三大现代性发明，为的是证明现代人优于古人。这三大发明的出现都早于哥伦布，但我发现，在1492年之前，它们从未被称作三大现代性发明。美洲的发现显示了罗盘的重要性。相应地，印刷术和火药或许原本显得具有革命性意义，但正如真实情况那样，只是在后哥伦布时代，它们才被承认具有革命性。之所以会如此，原因很充分。按照通常的说法，由火药决定结果的第一场战斗是1503年的切里尼奥拉之战。在1500年之前，印刷术的影响很小。

我们太习惯于“发现”一词各种变动不居的意义，很容易认为它的含义大体上与它现在的含义相同。“我发现我有权享有退税”，我们说。但是，这种意义上的“发现”是在关于哥伦布发现新世界的说法之后出现的。是发现性的航海让“发现”意味着“找出来”这种宽泛的用法得以兴起，并且这种宽泛的用法受到了把“*invenio*”翻译成“发现”这种做法的鼓励。在1492年后，“发现”的核心意义不仅仅是“揭开盖子”或“找出来”。宣布一种发现的人（如哥伦布）宣称他拔得头筹，打开一条让所有人追随的道路。1953年2月13日，弗朗西斯·克里克向剑桥老鹰酒馆里的各色人等宣布：“我们已经发现了生命的秘密。”正是在那一天，他和詹姆斯·沃森搞清了DNA的结构。发现是一种注定不可逆转的历史过程中的时刻。发现的概念带来了一种线性时间感，而非一种循环时间感。如果美洲的发现是一个令人愉快的偶然事件，那么它引起了另外一个甚至更引人注目的偶然事件，即对发现的发现。注

我之所以说“更引人注目”，是因为发现自身以仅仅确定一块新大陆的位置永远不能做到的方式，已经改变了我们的世界。[注]在发现之前，历史被认为是重复其自身，传统被认为提供了一种指引未来的可靠向导；文明的最伟大成就被认为不存在于过去或将来，而是存在于古希腊和古罗马。我们容易说我们的世界是由科学或技术造成的，但科学和技术进步取决于一种业已存在的假设，即存在已经做出的发现。[注]这种新态度是由路易斯·利·罗伊［Louis Le Roy；或雷杰斯（Regius），1510—1577］于1575年概括的。利·罗伊是一位希腊语教授，翻译过亚里士多德的《政治学》（*Politics*）。他是完全把握新时代特点的第一人（我引用的是1594年的英语译本）：

> 还有更多的东西需要找出来，然后是已经被发明、发现的东西。让我们不要那么简单，把太多的东西归功于古人，以至于相信他们已经知道了一切，言说了一切，没有留下在他们之后而来的人可说的任何东西……让我们不要认为自然已经把她全部的好礼物都给了他们，她将来有可能变成不毛之地……在这个时代，有多少［自然的秘密］首次被获知、发现？我要说，有新陆地，新海洋，新的人种、方式、法则、风俗，新疾病，新疗法，天空、海洋的新面貌，它们此前从没被发现过，还有新的星星。是啊，对我们的后世子孙来说，会留下多少已知的东西呢？现在隐藏的东西，将随着时间推移大白于天下。我们的后裔会感到惊奇，我们居然不知道它们。

这段话表达的正是那种设想，即存在一些改变了世界的新发现，因为它们使现代科技成为可能。（存在“新的人种、方式、法则、风俗”也代表了社会、文化、文明比较研究思想的诞生。）

利·罗伊的文本有助于我们区别事件、词语和概念。1486年（当时都尔莫改变了“*descobrir*”一词的含义）之前，出现过一些地理发现，如亚速尔群岛的发现。这一发现发生在1351年前后。但是，没有人认为这些发现是发现，也没有人不辞辛苦地记录这些事件。原因很简

单，因为没人有那么大的兴趣。后来，大约在1427年前后，亚速尔群岛被再次发现。但是，这一事件仍旧显得不太重要，也没有可靠的记述文件存在。占据统治地位的设想是，不存在新知识这样的东西。正如我在街上捡到一枚硬币，我知道它属于在我之前的某个人，于是文艺复兴时期首先抵达亚速尔群岛的海员会认为，别人已经先于他们到了那里。在亚速尔群岛的案例中，水手的想法是错的。但是，在马德拉群岛的情况中，这却是对的。马德拉群岛被发现的时间与前者大体相当。与其说它是被发现，倒不如说它是被重新发现，因为普林尼和普鲁塔克（Plutarch）知道它。但是，没有人认为哥伦布发现通向亚洲的新航路（就像他自己认为的那样）是不重要的。尽管在美洲究竟是不是一块此前已知的陆地上存在争议，但是没有人声称有古希腊或古罗马海员曾经在哥伦比亚之前向西航行过。（有一种显而易见的解释，即古希腊人或古罗马人没有罗盘，因此不愿意驶出望见陆地的范围之外。）就这样，哥伦布知道他在做出一种新发现，即使发现的不是一块新陆地，也是一条新航路。亚速尔群岛的发现者则没有这种想法。

就某物已经首次被发现且此前从未被发现（实际上，在用拉丁语写作时，人们继续依靠这样的短语来表达“发现”），已经存在一些言说方式，但在1492年之前，对任何想说这样的事情的人来说，这都非常罕见，因为占主导地位的设想是，“太阳底下无新鲜事”（《传道书》1:9）。“*descrobrir*”的新含义的引入暗示着思考方式发生了重大改变，人们理解其自身行动的方式发生了变化。我们可以正确地说，在1486年之前没有发现性航海，只有探险性航海。发现是一种新型事业，伴着“发现”一词而来。

思想史的核心关切是语言变化。科学史则是思想史的一部分。通常情况下，语言学变化是人们思维方式改变的一种重要标志，既促进了那种改变，也有助于我们认识它。有时候，关注语言学变化有可能误导我们，让我们在某种重要的东西尚未发生时认为它已经发生了；

或者让我们认为某种东西发生在某一特定时刻，而实际上它发生的时间要早一些。捷径是不存在的，必须具体情况具体分析。㊟拿“boredom”（无聊）来说。在这个词于1829年被引入之前，人们是否感到无聊？他们当然感到无聊！他们拥有名词“ennui”（厌倦，1732年）、名词“bore”（无聊，1766年）、动词“to bore”（感到无聊，1768年）。莎士比亚拥有“tediosity”（绝对乏味）这个词。“boredom”是个新词，但不是一个新概念，也肯定不是一种新体验（当然，与莎士比亚的时代相比，狄更斯时代的人们感到无聊的次数要多得多。在“*ennui*”被认为是法国专有的地方，“boredom”肯定是英国的了）。其他案例多少有些复杂。“nostalgia”一词是于1688年被造出来的（在拉丁语中），是对德语词“*Heimweh*”（乡愁）的翻译。它首次出现在英语中是在1729年，远早于“homesick”和“homesickness”。至少自1695年以来，法国人就拥有了“*la maladie du pays*”。乡愁是新东西吗？我严重怀疑，即使没有表达它的词。新的是那种思想，即它可能是一种致命的疾病，需要医学干预。为什么某些最重要的知识事件被埋没了？那既是因为缺乏一种简单的规则，也是因为众多语言变化在于赋予旧词新含义。我们倾向于认为发现就像无聊那样，一直都在那里，即使某些时代的发现比其他时代要多。我们认为那些词是新的，存在于它们后面的概念则不是新的。这对无聊而言是真实的，但就发现的情况而言则是个错误。

有些活动依赖语言。不知道规则，你就下不了棋。因此，如果没有某种你能够用它来表达的语言，如表达将军的概念，你就下不了棋。那种语言究竟是什么关系不大，如果你把车称作城堡，车还是那个车，就像你把弗里斯比飞盘称作冥王星飞盘，还是那个投掷游戏用的飞盘。如果没有“车”这个词，你可以用某种短语，如“始于四个角之一的那个棋子”，就像你可以把弗里斯比飞盘称作飞碟那样。但是，你会发现如果不断使用这样的短语会相当尴尬，并且会很快觉得需要一个专门词语。单个的词和较长的短语可以做同样的事情，但单个的词

通常做得较好。一个新词的引入，或为一个旧词引入一个新的含义，通常标志着一个概念已经进入了普遍使用阶段，开始真正发挥作用。

鉴于你不知道怎样下棋就下不了棋，那么无论你给棋起个什么名称，下棋都是曾经被称作“一个行动者的概念”或“一个行动者的判断”的东西。也就是说，为了采取行动，你必须拥有那种概念。在应对行动者的概念时，确定究竟在哪里划定界限往往很难。你肯定能够体验“*Schadenfreude*”（幸灾乐祸）这种把自己的欢乐建立在别人的痛苦之上的感受，即使你没有可以用来表达它的词。因此，当“*Schadenfreude*”这个词于19世纪末进入英语时，这种感受并不新。但是，有了这个词，辨识、描述、讨论这种感受就容易多了。这引领着人们对人的动机有了新的理解，词和概念走到了一起。因此，在“embarrass”（尴尬）这个词出现之前，人们肯定也会对笨拙的社交遭遇感到难堪。“embarrass”最初意味着妨碍或拖累，在19世纪获得了一个新含义。但是，有了这个词之后，人们对尴尬的认识更清晰了。直到那时，孩子们才发现他们的父母令人尴尬。“*Schadenfreude*”和“embarrassment”并不是行动者的概念。在行动者的概念中，即使你没有一个词来概括你正在体验的东西，也能够体验它。“*Schadenfreude*”和“embarrassment”是两个知识工具之类的词，能够让我们探讨情感状态。没有这样的词，就难以言说它们。实际上，对我们来说，如果拥有这样的词，体验并在一种纯粹、清晰的形式中界定情感状态就会容易得多。

于是，尽管在1486年之前有发现和发明，发明、传播一个表达“发现”意思的词却标志着一个决定性的时刻，因为它使发现成了一个行动者的概念。就是说，你可以动手做出发现，知道那就是你正在做的事情。利·罗伊抨击了那种值得言说的一切都已经被言说了的思想，挞伐了那种我们所能做的就是阐述、总结我们前辈的工作的认识，敦促他的读者去做出新的发现。他说：“奉劝那些有学识的人按照他们自己的意图去添砖加瓦，这是科学中所缺乏的；为了子孙后代做那种工作，

古人已经这样为我们做了；到最后，学识不会丧失，而是会日复一日地增加。”

在利·罗伊所用词语上停一下是值得的。他经常使用“*inventer*”和“*l’invention*”。他写了“很多古代未知的了不起的东西（如印刷机、罗盘和火药）”如何“新被发现”。但是，他也使用“*decouvremens*”一词，并且这个词马上就可以被翻译成“发现”，例如在“*decouvremens de terres neuves incogneuësàl’antiquité*”和“*Des navigations&decouvremens de païs*”中。他说，真理曾经不是“*entierement decouverte*”。在他的用法中，那个词的含义尚未远离其最初的所指，即发现性航海。他需要那个词来阐述他的观点吗？也许不需要。他所需要的是哥伦布的例子。对他来说，对那时别的任何人来说，哥伦布的例子是证据，证明人的历史并不仅仅是重复和变迁的历史，而是有可能成为进步的历史，并且正处在成为进步的历史的过程之中。

2

称“发现”在1492年是新的，这也许显然是错误的。当时，哥伦布发现了美洲（或者在1486年，当时都尔莫提到了做出发现；或者在1504年，当时韦斯普奇在欧洲传播了这个新词）。毕竟，知识渊博的人文主义者波利多尔·维吉尔（Polydore Vergil）于1499年出版了一本书。这本书最近已经以《论发明》［*On Discovery*（*De inventoribus rerum*），或*On the Inventors*］为题被翻译成了英语，乍看起来像是一部关于各个时代的发现的历史。维吉尔的书非常成功，有100多个版本。维吉尔一再自问：“谁发明了……”他纵览了一串似乎无休无止的主题，比如语言、音乐、冶金学、几何学。在几乎所有案例中，关于他的问题，他都在他的资源中找到了一系列不同的答案。但是，简而言之，在他看来，古罗马人和古希腊人把绝大多数发明归功于古埃及人，古希腊人和古罗马人从古埃及人那里获得了那些发明；然而，犹

太人和基督徒坚持古埃及的学问来自犹太人，尤其是来自摩西（Moses）。（假如没有征询过伊斯兰权威，维吉尔原本会认同所有学问都来自摩西，但会把以诺界定为关键人物，而非摩西。）

关于维吉尔对学问的展示，有几个突出的特征。他的兴趣主要是一种学科的第一创始人，而非其长期发展。因此，他几乎只字未提进步。注在谈及哲学和科学时，他断言穆斯林没有做出任何重要贡献［阿维森纳（Avicenna，980—1037）是唯一被提及的穆斯林，就连阿拉伯数字也没有被归功于阿拉伯人］，基督徒也是如此。几乎所有重要的东西都早就发生了。没错，他的确提及了为数不多的几个现代发明，其中包括马镫、罗盘、钟表、火药、印刷术，但几乎只字不提新观测、新阐释或新证据。亚里士多德之所以被界定为创新者，仅仅是因为他拥有第一座图书馆；柏拉图是因为他说上帝创造了世界，爱斯库拉皮厄斯（Aesculapius）是因为他发明了拔牙，阿基米德是因为他是制作机械宇宙模型的第一人。希俄斯的希波克拉底（Hippocrates of Chios）之所以被包括在内，不是因为他撰写了第一部几何教科书，而是因为他致力于贸易。欧几里得没有被提及。托勒密被当作了一个地理学家，而非一个天文学家。赫罗菲卢斯（Herophilus，古代解剖学家）被纳入，仅仅是因为他把脉搏的节奏比作了音节。如果我们用“发现”一词来指某种不同于“发明”的东西（当然，维吉尔仅有“*inventiones*”这一个词来涵盖这二者），那么维吉尔的书中仅有两个发现，分别是阿那克萨哥拉（Anaxagoras）对日食和月食的解释，以及巴门尼德（Parmenides）对昏星和晨星为同一颗星的认识。（我们真的不能扩大发现的范畴，把下面那种说法包括在内，即鸽子、斑鸠、燕子的血是黑眼圈最佳疗法的说法。当然，某些文化相对主义者会认为，我们应该把它包括在内。）

这些发现被包括在内纯属偶然，因为维吉尔效仿的是普林尼的《自然史》（约公元78年）中的一章。这一章很长，标题为“各种事物的第一个发明者”，列举的发明数不胜数（犁和字母表），其中包括一

些“科学”（占星术和医学）和一些技术（弩弓），但没有一个具体的发现。毕达哥拉斯（Pythagoras）的定理（维吉尔仅在探讨建筑师的正方形时模模糊糊地暗示过它）、阿基米德的原理、埃拉西斯特拉图斯（Erasistratus）的解剖学等发现都没有被列入。如果编制普林尼和维吉尔都没有列入的发现的名单，那么名单会很长。如果他们都对发现感兴趣，而非仅对首创、发明、创新感兴趣，那么它们原本有可能被列入。要证明维吉尔的书中没有发现很简单，因为在其三个早期现代英语译本中，相关意义上的“discover”仅出现了一次，即“奥雷斯图斯（Orestus），邓卡林（Dencalion）的儿子，发现了西西里岛上的埃特纳山周围的葡萄藤”（1686年）。不用说，维吉尔没有提及同时代的发现性航海，尽管他一直校订他的文本到1553年。

因此，在古罗马（维吉尔非常了解古罗马的文本），在1492年之前的文艺复兴时期，不存在发现的概念。注然而，古希腊人的确拥有这一概念（他们使用与“*eureka*”相关的词“*heuriskein*”“*eurisis*”，这两个词能够指称“发明”或“发现”），发展了一个关于发明的文类，即“发明谱系”。注欧德摩斯（Eudemus，约前370—前300）撰述了建筑、几何、天文学的历史。他的书失传了，仅在后来的著作中被引用过。对普罗克鲁斯（412—485）来说，几何的历史是一个重要来源。1533年，普罗克鲁斯对欧几里得著作第一卷的评注（以一个存在瑕疵的手稿为基础）以希腊原文第一次付梓。后来，在1560年，它被翻译成了质量要好得多的拉丁文，再次付梓。普罗克鲁斯把现在被称作毕达哥拉斯定理的发现归功于毕达哥拉斯，把构成托勒密天文学的数学基础的那个定理的发现归功于墨涅拉俄斯（Menelaus）。假如维吉尔读过普罗克鲁斯的著作，这些内容也许有可能进入他的文本，但它不大可能会吸收发现的概念。古希腊文化大多被古罗马人吸收了，但它们觉得发现的概念难以理解。维吉尔已经被训练成像古罗马人那样思考，因此不大可能做出不同回应。注

3

维吉尔是16世纪主要的人文主义知识分子之一。到了16世纪，人文主义教育（即一种像古代罗马人那样写拉丁文的教育）被普遍接受为引领年轻人进入学习世界的最佳方式，因为它提供了容易转化到政治和商业领域的技能。但是，在大学里，与教室里正相反，人文主义学问并非核心关切。从11世纪末到18世纪中叶，欧洲大学教学里存在一种根本的连续性，即哲学是课程中的核心课程，被讲授的哲学是亚里士多德的哲学。[注]亚里士多德的哲学可以在四个文本中被找到，分别是他的《物理学》（*Physics*）、《论天》（*On the Heavens*）、《生灭论》（*On Generation and Corruption*）、《气象学》（*Meteorology*）。我们认为的科学主题主要是通过对这些文本的注释来处理的。

亚里士多德认为，从根本上讲，包括自然哲学在内的知识应该具有演绎的特点。正如几何始于不容置疑的前提（两点之间直线最短），以抵达出人意料的结论（斜线的平方等于另外两边平方的和）。因此，自然哲学应该始于一些不容置疑的前提（天空从不变化），并从它们中得出结论（唯一能够无限延续的运动形式是圆周运动，因此天空中的所有运动都必然是圆周运动）。理想状况下，用演绎法阐述每种科学观点应该是可能的。举个例子，演绎法是这样的：

所有人都难免一死。

苏格拉底是一个人。

因此苏格拉底终有一死。

亚里士多德依据四种因来解释自然过程。这四种因分别是形式因、目的因、质料因和动力因。因此，如果我要造一张桌子，形式因就是我头脑中的设计，目的因是我想有个吃饭的地方的欲望；质料因是各种木头，动力因是一把锯子和一个锤子。亚里士多德正是这样思考自然界的。就是说，他把它看成理性的、有目的的活动的产物。自然

实体寻求实现他们的理想形式，它们是以目的为导向的（亚里士多德的哲学是目的论的，希腊语词“*telos*”的意思是“目标”或“目的”）。于是，蝌蚪就有幼年蛙的形式，其目标和目的因是成为一个成年蛙。多少令人吃惊的是，正如我们将要看到的那样，相同的原则也适用于无机质。

亚里士多德认为，宇宙是用五种元素造就的。天空由以太或第五元素构成。以太微微透明，没有变化，既不热也不冷，既不干也不湿。地球是宇宙的中心，天从地球开始向外延伸，一系列物质球体携带着月亮、太阳和行星，在这一切之上是繁星满天的穹苍。宇宙因而是球形的、有尽的。此外，它是有方向的，有顶有底，有左有右。亚里士多德从未根据抽象的空间来思考（就像几何学家已经做的那样），而是总以地方来思考。他否认空的空间的可能，否认真空的可能。空的空间在语词上是一种矛盾。

月下世界，也就是月亮这一面的世界，是生灭的世界；宇宙剩下的部分则亘古不变。我们的世界中有四种初性（热和冷，湿和干），四元素（地、水、气、火）各有一对初性。举个例子，地既热又冷。这些元素自然地将它们自己安排在从宇宙中心向外的同心球体上。于是，所有的地都寻求落向宇宙的中心，所有的火都寻求升到月亮球的边界；但是，水和气有时寻求向下走，有时寻求向上走。这样看来，亚里士多德根本没有普遍引力原理的观念。

一只蝌蚪潜在地是一只蛙；随着它的成长，它从潜在性发展到了现实性。地元素潜在地居于宇宙的中心；随着它落向中心，它实现了它的潜能。所有的水潜在地是包围地的海洋的组成部分。它在一条河里流向低处，为的是实现其潜能。当你把它从其适当居所里拿出来，它有重量，不妨试试把一桶水从池塘里提出来。但是，如果它处在适当居所里，其本身就变得没有重量了。当你在海洋里游泳时，你感受不到水的重量作用在你的身上。就这样，亚里士多德不认为元素的自

然运动是穿越空间的运动，而是按照目的论把它看成潜能的实现。究其本质，它是一种质的过程，而非一种量的过程。(注)

亚里士多德偶尔会提到量。于是，他说，如果你有两个重物，较重的那个下落速度比较轻的那个快；如果较重的那个重量是较轻的那个的二倍，那么它的下落速度也将快两倍。但是，他对涉及的量兴趣不够，没有透彻地想一想。他的意思难道不是说，如果你有一袋重1公斤的糖和一袋重2公斤的糖，那么2公斤的袋子落下的速度将比1公斤的袋子快两倍？或者，他的意思不过是，如果你有一个由重材料（如桃花木）做成的立方体，还有一个大小相同、由较轻的材料（如松木）做成的立方体，一个的重量是另一个的二倍，那么较重的那个下落速度比较轻的那个快两倍？这两种观点大相径庭，但亚里士多德根本没有区分二者，也没有检验他的重物比轻物下落速度快的观点，因为他把它当成了不言自明的真理。

亚里士多德把哲学（提供因果解释）和数学（仅仅确定模式）截然分开。哲学告诉我们，宇宙由同心球体构成。行星在天空移动时造成的实际模式是天文学的对象，而天文学则是数学的分支。天文学和其他数学学科（地理学、音乐、光学、力学）从哲学中获取其基本原理，但通过适用于经验的数学推理详细阐释了这些原理。就这样，亚里士多德把物理学（哲学的一部分，是演绎的、目的论的、与因果关系相关的）和天文学（数学的一部分，仅仅是描述性的、分析性的）截然分开了。

亚里士多德对自然现象的探索值得注意，例如研究鸡胚胎在鸡蛋中的发育。但是，随着他的学说被纳入中世纪和文艺复兴时期欧洲的大学，他的著作成了已获得知识的教科书，而非一种激发进一步探索的项目。新知识的可能性开始受到怀疑，人们认为所有需要知道的东西都可以在亚里士多德的文本以及对其文本的丰富传统阐释中找到。于是，中世纪的大学里的亚里士多德并非真实的亚里士多德，而是在

一个世界内提供一种教育项目的亚里士多德。在那个世界里，最重要的学科被认为是神学。正如神学采取了一种对神学和教父的阐释的形式，于是哲学（和哲学中的自然哲学，对宇宙的研究）采取了一种对亚里士多德及其阐释者的阐释的形式。哲学学习因此被看成了对神学学习的准备，因为这两个学科都与对权威文本的阐释有关。㊟

在实践中，这意味着什么？亚里士多德认为，较硬的物质比较软的物质密、重；随之而来的是，冰比水重。冰为什么漂浮？因为它的形状是平的，平的物体不能渗透水并停留在水面上。因此，一块冰漂浮在池塘的表面上。在17世纪，亚里士多德派的哲学家仍在愉快地传授这种学说，完全忽视了两个明显的难点的存在。它与阿基米德的学说是矛盾的。从12世纪开始，阿基米德的著作已经有了拉丁语译本。他认为，物体之所以漂浮，仅仅是因为它们比它们排开的水轻。数学家追随阿基米德，哲学家追随亚里士多德。此外，欧洲很多地方都有冰。举个例子，在夏天，人们把冰从亚平宁山脉上带下来，以便给鱼保鲜。最基本的实验将证明，无论其形状如何，冰都在水上漂浮。哲学家相信亚里士多德永远正确，认为不需要检验他的观点。

就这种对我们所谓的事实的冷漠而言，亚历山德罗·阿基利尼（Alessandro Achillini，1463—1512）堪称典型。他是一位非常著名的哲学家，博洛尼亚大学的骄傲。他是穆斯林阐释者阿威罗伊（Averroes，1126—1198）的信徒。阿威罗伊刻意避免把宗教种类引入亚里士多德阐释，非常隐晦地否认了创世和灵魂不朽。阿基利尼的才华及其思想的越界特点被总结成了一句流行语：“它要么是魔鬼，要么是阿基利尼。”1505年，他出版了一部关于亚里士多德元素理论的书，即《元素》（*De elementis*）。在这本书中，他探讨了哲学家长期争论的一个问题，即赤道地区是否热得不适合人类定居。他引用了亚里士多德、阿维森纳和阿巴诺的彼得（Peter，1257—1316）的观点，并得出结论说：“然而，无花果在赤道常年生长，那里的空气最温暖，生活在那里的生物拥有适度的体格，这些是自然经验不会向我们透露的东

西。”只要涉及阿基利尼，无花果是否在赤道地区生长的问题就没有答案，就像伊甸园在哪儿的问题那样。对哲学家来说，这两个问题都不算问题。

说来也巧，葡萄牙人当时正在探寻一条通往香料群岛的海上路线，涉及沿着非洲海岸向南航行。1474/1475年，他们抵达了赤道地区。1488年，他们抵达了好望角。1505年，显示新发现的地图已经存在。就在第二年，克拉科夫大学教授格洛高的约翰（John of Glogau）指出（在一本数学而非哲学著作中），塔普拉班岛（斯里兰卡）距离赤道很近，人口众多，繁荣昌盛。经验已经不再是某种不变的、等同于亚里士多德的知识的东西，但阿基利尼在专业上没有预料到这一发展，尽管他也讲授解剖学。那是所有大学学科里最经验主义的学科。

到1505年，经验和哲学之间的关系需要被重新思考了。但是，阿基利尼没能把握问题。作为对照，红衣主教加斯帕罗·孔塔里尼（Gasparo Contarini）论元素的书于1548年作为遗作出版。在书中，他解释了亚里士多德、阿维森纳、阿威罗伊都否认赤道地区宜居的问题。他说：“伟大的哲学家们曾就这个问题争论多年，但在我们的时代，经验解决了这个问题。从西班牙人的新航海，尤其是葡萄牙人的新航海中，我们发现，赤道圈以南与南回归线之间有聚居地，生活在这些地区的人数不胜数。”

对于孔塔里尼而言，经验已经担当了一种新权威。他卒于1542年。一年之后，哥白尼的《天体运行论》和维萨里的《人体之构造》（*On the Fabric of the Human Body*）出版。然而，当时仍不明朗的是，一旦经验被接受为终极权威，出现一种把已确立知识的圣殿推翻的新哲学就只是时间的问题。1572年，形势逐渐开始明朗起来。

在哥伦布之前，文艺复兴时期的知识分子的首要目标是发掘失落的古代文化，而非确立新知识。直到哥伦布证明经典地理学错得离谱，那种认为仅需阐释古人的观点即可的认识才受到了挑战。但是，即使是在哥伦布之后，旧的观点仍逗留不去。1514年，对那些继续怀疑人类能否受得了赤道高温的人，乔瓦尼·马纳尔迪（Giovanni Manardi）表达了不耐烦。“如果有人更愿意相信亚里士多德和阿威罗伊的证明，不愿意相信那些曾在那里待过的人的证言，”他断言，“那么就没有办法和他们辩论，除非采用亚里士多德本人和那些否认火真的热的人辩论时采用的办法，即让他们带着星盘和算盘去航海，为他们自己找到答案。”在1534—1549年的某个时候，乐师、数学家让·泰斯尼尔（Jean Taisnier）评论道，亚里士多德有时候是错的。教皇的一位代表向他发出挑战，要他就亚里士多德的错误提供一个令人信服的例子。他的反对者确信他无法做到这一点。结果，他用一个讲座做出回应，攻击了亚里士多德对下落物体的说明，而那是亚里士多德的物理学中最薄弱的观点。

即使进入17世纪之后许久，这种情况仍在持续。对我们来说，把握其程度很难。[注]伽利略讲了一个故事，说一个教授拒绝接受神经与大脑而非心脏连接，因为这与亚里士多德明确的说法相抵触；即使有人给他出示了一个被解剖的尸体中的神经通路，他仍然坚持其立场。克里莫尼尼教授的例子非常著名。尽管他是伽利略的密友之一，但他拒绝用伽利略的望远镜观测。他接着出版了一部关于天空的鸿篇巨制，其中没有提及伽利略的发现。原因很简单，它们与重构伽利略的思想不相干。1668年，新科学的主要提倡者之一约瑟夫·格兰维尔发现自己正在和某个人辩论。那个人对一切用望远镜和显微镜做出的发现都弃之不理，因为这样的仪器“都是骗人的、荒谬的。它的答案让我想起了那个好女人。在一个出现分歧的场合，她的丈夫追问，我看见了它，难道我不应该相信自己的眼睛吗？她麻利地回答道，在你自己心爱的妻子面前，你会相信自己的眼睛吗？这位绅士似乎认为，在他自己心爱的亚里士多德面前，如果我们相信自己的眼睛，那将是不明智

的”。威廉·哈维是17世纪伟大的解剖学家，发现了血液循环，但即使是他，也赞许有加地把亚里士多德称作“伟大的哲学独裁者”。沃尔特·查理顿（Walter Charleton）是皇家学会创始会员、经院哲学的反对者，但他认为亚里士多德绝对是“各学派的独裁者。”

5

就这样，宗教、拉丁语文献、亚里士多德哲学都认为，不存在新知识这样的东西。于是，看上去像新知识的东西实际上是被放在记不起来的地方的旧知识，历史被认为是循环的。从大尺度来看，整个宇宙被认为（至少在你把被揭示出来的真理放在一边、听占星家的话的情况下是这样）是自我重复。“处在过去的一切东西都将处在未来之中。”在他的《格言集》（*Maxims*，在他于1540年去世时被留给了他的家人，于1857年首次出版）中，弗朗切斯科·圭恰迪尼（Francesco Guicciardini）写道。就像蒙田（Montaigne）在1580年所说的那样：“人的信念、判断、观点……拥有其循环、季节、生与死，完全和卷心菜那样。”他引用最佳的权威的话说：“亚里士多德说，人的一切观点都存在于过去，并且将存在于未来和无穷的其他时代之中。柏拉图说，在3.6万年后，它们将得到更新并重新存在”［考虑到《圣经》年表暗示世界仅有6000岁，这是一种惊人的思想；西塞罗（Cicero）的12954岁也好不了多少］。朱利奥·切萨雷·瓦尼尼（Giulio Cesare Vanini）写道（1616年；三年后，他因不信神被处决）：“阿喀琉斯将再次前往特洛伊，仪式和宗教将再次诞生，人类历史将自我重复。今天存在的一切很早以前就存在了；曾经存在的，也将存在。”从小尺度来看，每个社会的历史都被认为是一种无休无止的政体循环（政体循环论），从民主到专制周而复始，进而可以认为文化也将随着政体而重现。

对柏拉图主义者来说，不可能存在真正的新知识这样的东西。这是因为，柏拉图坚持认为灵魂已经知晓了真理，于是任何看上去新的

东西实际上都是回忆（回想）。在《米诺篇》（*Meno*）里，苏格拉底使一个未受过教育的奴隶男孩儿相信，他已经知道斜边的平方等于另两边的平方之和。当然，一种发现也的确涉及对某种已知东西的意义的承认。当阿基米德大喊“我找到了”并裸体跑过叙拉古的街道时，我们说他已经发现了被我们称作阿基米德定律的东西。我们同样可以说，他已经认识到了某种他已经知道是新的东西可能的作用；他知道，当他进入水中沐浴时，他挤走了水。识别和回忆暗示，我们现在和将来的经验和我们过去的经验完全一样。发现则暗示，我们能够体验某种此前没有人曾经体验过的东西。发现的思想与探索、进步、原创、真实性、新颖性等思想密不可分地联系在一起。这是文艺复兴晚期的一种独特产物。

然而，柏拉图主义者的重现和回忆学说并不是真正的问题。普罗克鲁斯二者都赞成。就像希腊人说的那样，他仍然根据发现来写作。除了无条件地信仰亚里士多德，真正的障碍是甚至更加无条件地信仰《圣经》。古希腊人和古罗马人相信，人类刚开始仅稍胜动物一筹，只是慢慢获得了文明所需的技能。《圣经》则坚持认为，亚当（Adam）已经知道万物的名称，该隐（Cain）和亚伯（Abel）已经从事了农业和畜牧业，该隐的儿子已经发明了冶金术和音乐，挪亚（Noah）已经建造了方舟，酿制了葡萄酒，挪亚的儿孙们已经动身去建造巴别塔。如果暗示文明所需的各种技能必然是在很长一段时间内被发明的，或者亚伯拉罕（Abraham）、摩西、所罗门（Solomon）对某些重要的知识一无所知，那完全是不可接受的。早期教父们指出，希腊人承认他们受惠于埃及人，并且显而易见的是，埃及人从犹太人那里获得了他们的学识。“不要把你的模仿称作发明！”塔迪安（Tatian，约120—180）愤怒地喊道。他完全否认埃及人和希腊人做出了犹太人不知道的发现。

基督教不仅强加了一份缩短的年表，就连礼拜仪式也是围绕着一种无尽的循环构建的。这种循环就是基督的生命一年一度的再现。“教

会一年庆祝一次，因为基督已经再次在伯利恒诞生了。随着冬天将尽，他进入了耶路撒冷，被出卖，被钉死在十字架上，并且当漫长的四月斋哀悼终于结束，他在复活节早上复活。”与此同时，弥撒的圣餐坚称“耶稣受难的永恒当代性”，颂扬“现在与过去的联姻”。

在痴迷于《圣经》年表、礼拜仪式重复和世俗的重生、重现和再阐释思想的文化中，发现思想简直难以扎根。1620年，弗朗西斯·培根抱怨道，世界已经着魔了，对古代的尊崇太令人难以理解。1646年，托马斯·布朗（Thomas Browne）对那种普遍的假设表达了抗议，即一个人在时间上回溯得越远，他就越接近于真理。（他肯定赞同培根的观点，即情况正相反，“*veritas filia temporis*”，“真理是时间的女儿”。）在描述哥伦布和韦斯普奇的发现的最重要书籍中，正统文化这种以回溯为导向的特点是其中一部的书名，即“*Paesi novamenti retrovati*”［维琴察（Vicenza），1507年，“最近发现的陆地”］。在一年后出版的德文译本中，这成了“*Newe unbekanthe Landte*”（新的未知陆地）。这种矫正标志着新事物取得的首次局部胜利。

当然，对我们来说，认为1492年之前有很多“新东西”是自然的。但是，对那个时代的人来说，我们眼中的新东西看上去没那么新（或至少并非完全无可置疑的新）。15世纪佛罗伦萨艺术的革命性发展提供了一个有趣的案例。在经过多年流亡后，莱昂·巴蒂斯塔·阿尔伯蒂（Leon Battista Alberti）返回了那里（在他自己和他的佛罗伦萨同胞看来，阿尔伯蒂于1404年在流亡中出生，他成年后的大部分时间是在博洛尼亚和罗马度过的）。他的所见所闻让他吃惊。布鲁内列斯基设计的佛罗伦萨教堂的新穹顶“大得足以用其影子把全部托斯卡纳人罩住”，高高耸立在城市之上。一群杰出的艺术家［（其中包括布鲁内列斯基本人、多纳泰罗（Donatello）、马萨乔（Masaccio）、吉尔贝蒂（Ghiberti）、卢卡·德拉·罗比亚（Luca della Robbia）］正在制作看上去与此前消失的任何东西都不像的作品。1436年，他写道：“我过去既惊叹又懊悔有那么多卓越、非凡的艺术和科学，它们……曾被古代有

天赋的人大量拥有，现在已经不见，几乎完全失传。”但是，现在，看着佛罗伦萨艺术家取得的成就，他认为，“如果在没有导师和任何可以模仿的模型的情况下，我们发明了迄今为止闻所未闻、见所未见的科学和艺术，那么我们的声望应该会更大”。布鲁内列斯基的穹顶“无疑是一种工程壮举。如果我没搞错，人们会认为这种壮举在当代是不可能的，并且在古人中同样有可能是未知的、难以想象的”。然而，面对似乎古代也罕有其匹的成就，阿尔伯蒂觉得必须谨小慎微地表达自己的看法，于是他使用了“无疑”“如果我没搞错”“有可能”。(注)值得注意的是，阿尔伯蒂在这里挑出了布鲁内列斯基的穹顶，而非他真正的主题，即透视绘画。阿尔伯蒂和他的继承者并不确定透视绘画技术究竟是崭新的，还是仅仅是古希腊人和古罗马人为绘制舞台背景所使用的技术［根据维特鲁维斯（Vitruvius）的描述］的再发现。阿尔伯蒂于1435年（颇具个性地）声称，古人“可能”不知道透视技术。菲拉雷特（Filarete）于1461年坚称，古人完全不懂透视技术。但是，塞巴斯蒂亚诺·塞利奥（Sebastiano Serlio）于1537年采取了完全相反的观点，直截了当地说“透视就是维特鲁维斯描述的那种舞台绘制技术”。

在这样的状况下，那种没有新知识可以拥有的信念也许会弯曲、破裂，但不会完全破碎。要想对其恢复力有所了解，你只需要想一下马基雅维利（Machiavelli）即可。约100年后，他开始撰写《论李维》（*Discourses on Livy*，约1517），其中提及（相对较近的）新世界的发现，以及他也有新东西要提供的承诺。然而，他急转直下，坚持在政治中，就像在法律和医学中那样，只需要忠诚地坚守古人留下的范例。于是，结果是，他不得不提供的不是驶向未知领域的航行，而是对李维的阐释。不出所料，马基雅维利认为，很显然，尽管发明了火药，但古罗马的军事策略依然是所有人应该遵循的范例。他的《战争的艺术》（*Art of War*，1519）是为那些如他本人的“*delle antiche azioni amatori*”（旧的做事方法的热爱者）而写的。

自然而然，在发现美洲半个世纪后，哥白尼小心翼翼地提及了毕达哥拉斯学派的菲洛劳斯（Philolaus，约前470—前385），将其作为提倡移动地球的一位重要先驱。在第一种出版的对哥白尼理论的解释中，哥白尼的弟子雷蒂库斯（Rheticus）尽可能不提及日心说，因为害怕疏远他的读者。在其1576年的《预言》（*Prognostication*）文本中，托马斯·迪格斯强调了哥白尼体系的绝对新颖性和原创性。但是，文本所配插图没有提及哥白尼，声称“根据毕达哥拉斯学派最古老的学说”表现了“凯乐斯提尔球体”。在后来的重印中，这一措辞被纳入了内容目录和章节标题。在其《关于两大世界体系的对话》（*Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*，1632）中，就连伽利略也一再把哥白尼的名字和萨摩亚的阿里斯塔克斯（Aristarchus of Samoa，约前310—前230）的名字连在一起。他（错误地）把日心说的发明归功于萨摩亚的阿里斯塔克斯。新的东西尚未令人信服，于是它就尽可能地在古代的甲壳中表现自己。很少有人像利·罗伊那样，准备衷心接受新颖性。

在一个向后看的文化里，关键的区别不在旧知识和新知识之间，而是在普遍已知的知识和仅为有幸获得通向秘密智慧的通道的少数人知道的知识之间。知识被认为从未真正丢失。它要么在地下流传，成为机密或玄妙的东西，要么被放错了地方，默默无闻地躺在某个修道院图书馆数个世纪之后终于露面。正如乔叟（Chaucer）在14世纪所写的那样：

……从古老的田地里，就像人们说的那样，

出现了这种新作物，年复一年，

从古籍中，在好的信仰中，

出现了这种人们渴望的新科学。

在使创新正当化上，美洲的发现至关重要。这是因为，在40年的时间里，再也没有人认为它不是一个史无前例的、可以被忽视的事件了。它也是一个公共事件，是一个过程的开端。凭借这个过程，新知识在一个公共竞技场内确立了其正当性，与旧的神秘文化对立。然而，对创新的赞美甚至在1492年之前就开始了。1483年，在我们现在称作刚果河的河流的河口处，迪奥戈·康（Diogo Cão）树立了一根顶上带着十字架的大理石柱，以标志南向探险的极限。这是一系列柱子中的第一根，每根柱子都意在标定已知世界的边界，并且就此取代赫拉克勒斯之柱（直布罗陀海峡）。赫拉克勒斯之柱已经为古代世界这么做了。在哥伦布之后，西班牙人接踵而至。1516年，查理（Charles，未来的西班牙国王、神圣罗马帝国皇帝查理五世）把赫拉克勒斯之柱接收过来，当作他自己的装置，还增加了“*plus ultra*”（超越极致）这句箴言。后来，培根采用了这句箴言。（“*plus ultra*”没有令人满意的翻译，因为它是不合语法的拉丁语。）1555年，若昂·德·巴罗斯（João de Barros）得以声称，赫拉克勒斯之柱“可以说是他就在我们的家门口树立的……已经被人们忘却，陷入了沉默与湮灭之中”。1610/1611年，伽利略的对手之一洛多维科·德勒·科隆贝（Lodovico delle Colombe）抱怨说，伽利略的行为就像某个扬帆出海的人；这个人无疑应该意识到，他应该在确定亚里士多德的观点时停止探索，但他却航行过了赫拉克勒斯之柱，并且大喊：“*Plus ultra*！”可怜的洛多维科，他似乎没有意识到，由于美洲的发现，那种认为一个人永远不该冒险进入未知领域的说法已经变得荒谬。同样地，1633年6月，在伽利略受审期间，他的朋友贝内代托·卡斯泰利（Benedetto Castelli）给他写信说，天主教会似乎想树立承载着“*non plus ultra*”标语的新赫拉克勒斯之柱。

但是，在地理学和制图学之外，使创新受人尊敬却花了一个多世纪的时间。接下来，它仅在数学家和解剖学家之间变得受到尊重，哲学家和神学家依然藐视它。1553年，乔瓦尼·巴蒂斯塔·贝内代蒂出版了《借助罗盘的一个单一设置的欧几里得和他人的所有几何问题的解

决》（*The Resolution of All Geometrical Problems of Euclid and Others with a Single Setting of the Compass*）一书，其书名页大胆地宣布这是一种“发现”（*per Joannem Baptistam de Benedictis Inventa*）；塔尔塔利亚继之而起，声称已经发明了他的《新科学》（*New Science*，1537）。但是，在夸耀他们的成就上，塔尔塔利亚和贝内代蒂只是例外。新的发现文化更好的标志是罗伯特·诺曼（Robert Norman）于1581年出版的《新吸引力》（*The Newe Attractive*）。诺曼在其书名页上宣称，他是“一种新……秘密和精密资源”的发现者，他发现了指南针的倾角。尽管他既不懂希腊语，也不懂拉丁语（尽管他的确懂荷兰语），但他对发现了解充分，可以把他自己和阿基米德、毕达哥拉斯加以比较，就像维特鲁维斯所描述的那样。他已经加入了那些“怀着他们的装置和发明所蕴含的惊人的欢喜征服”的人之列了。当弗朗西斯科·巴罗兹的《宇宙志》（*Cosmographia*）于1607年被翻译成意大利语时，其书名页宣布，它包含了新发现（*alcune cose di nuovo dall’autore ritrovate*）。在1585年原版的书名页上，这些发现没有被提及。到了1608年，人们已经能够抱怨“如今新事物的发现者差不多被神化了”。当然，促成这一状况的一个前提条件是，塔尔塔利亚、贝内巴蒂、诺曼、代表巴罗兹的巴罗兹作品的翻译者不再掩盖他们的发现了。

20年后，伽利略的一个刚在比萨被任命为数学教授的学生抱怨说：“等着被发现［*cose trovabili*］的东西成千上万，我却发现不了一个。”其结果是，他生活在“无尽的痛苦”之中。自开天辟地以来，焦虑于生活过得可能不如预期、不耐烦的年轻人有的是，但尼科洛·阿坤提（NiccolòAggiunti）也许是第一个担心他将永远也做不出重大发现的人。在伽利略的圈子里也是这样，值得做的只有发现。

关于发现性航海产生的知识，值得注意的是，不仅它的新颖无可置疑，而且它具有公开性。地理学已经被改造，但它不是在大学教学的哲学家改造的，不是在书房里皓首穷经、博学的学者改造的，不是在石板上潦草书写新定理的数学家改造的。它也不是从被普遍接受的

真理中被推导出来的（就像亚里士多德推荐的那样），或者在古代手稿的字里行间被发现的。恰恰相反，它是被一些教育经历不完整的水手发现的。这些水手乐于在任何天气里站在一艘船的甲板上。1545年，雅克·卡蒂埃（Jacques Cartier）写道："今天的水手已经通过亲身体验，了解了哲学家的观点的对立面。"罗伯特·诺曼把他自己描绘为一个"没文化的机械师"。新知识就这样象征着经验对理论和学问的胜利，并且被这样颂扬。"无知的哥伦布，"马林·梅森（Marin Mersenne）于1625年写道，"发现了新世界；然而，博学的神学家拉克坦提乌斯（Lactantius）、睿智的哲学家色诺芬尼（Xenophanes）却否认了它。"正如约瑟夫·格兰维尔于1661年所表达的那样：

我们在没有来自古代的证明的情况下，相信磁针的向磁极性（即罗盘指向北方的特性）。我们不因为害怕比我们的祖先更聪明，就把我们自己局限于星辰的唯一指引。假如权威在这里大行其道，地球的第四部分［美洲］对我们而言就什么也不是，赫拉克勒斯之柱就仍旧是没有被超越极限的世界，塞涅卡（Seneca）的预言（人们可以向西航行抵达印度）就仍旧是一个没有实现的预言，我们的地球的一半就仍旧空空荡荡。

无论狄德罗怎么说，在这里，那种认为经验是获取知识的最佳途径的思想并不重要。在中世纪，"*experientia magistra rerum*"（经验是一位伟大的教师）的格言已广为人知。就是说，仅靠读书，你学不会骑马、射箭。重要的倒不如说是那种思想，即经验并不仅仅因为能够教给你他人已知的东西才有用，它实际上能够让你明白别人知道的东西是错的。在美洲被发现之前，很少被认识到的正是这种意义上的经验，即作为发现之路的经验。

当然，地理发现自身只是开端。大量新植物（西红柿、土豆、烟草）和新动物（食蚁兽、负鼠、火鸡）从新世界到来。这激发了记录和描述此前未知的新世界的植物群和动物群的一个长期过程。不仅如

此，人们还通过反思吃惊地意识到，各种欧洲植物和动物此前从未被适当观察和记录。一旦发现的过程开始，结果是到处都有可能做出发现，只要你知道怎样去看。旧世界自身也通过新的视角得到审视。

描述新事物还有第二个后果。对古典和文艺复兴作家来说，每一种众所周知的动物或植物都伴随着一连串复杂的联系和意义。狮子威猛、勇敢，雄孔雀骄傲，蚂蚁勤劳，狐狸狡猾。描述轻易地从客观层面转移到象征层面，并且不提到一连串诗人和哲学家就不算完。新的植物和动物，无论是新世界的还是旧世界的，都没有这样的联系链条，没有文化意义方面的内涵。食蚁兽代表了什么？负鼠呢？就这样，自然历史从更广大的学问世界中慢慢独立出来，开始独自形成一个领地。

6

名词"discovery"（发现）首次以其新含义在英语中出现是在1554年，其动词形式"discover"的出现是在1553年，短语"voyage of discovery"（发现性航海）于1574年被使用。到了1559年，在第一份英语专利申请中，意大利工程师雅各布斯·阿孔蒂乌斯（Jacobus Acontius）已经能够谈及发现了一种新机器，而非发现一个新大陆：

就那些通过研究发现对公众有用的东西的人而言，他们无疑理应拥有他们的权利和劳动的某种成果，因为与此同时他们放弃了所有其他种类的收益，在试验中花费不菲，经常要遭受巨大损失。我的情况就是这样。我已经发现了最有用的东西，发现了染色工和啤酒酿造工用的新型轮式机器和炉子。如果为人所知，它们将会在没有得到我同意的情况下被使用。除非进行处罚，否则我就会花费大量费用，投入大量劳动，却没有回报。因此，我恳请在没有我的同意下，禁止使用任何轮式机器，无论是用于研磨还是捣碎；禁止使用任何和我的炉子相像的炉子。

他的申请最终以这样一个声明被批准，“发明者理应获得奖励，受到保护，以免他人利用他们的发现获益”。㊟这看上去也许像是含义上的重大转移，因为看出你可能会怎样“发现”某种已经存在的东西容易，看出你怎样能够发现某种此前从不存在的东西则要难得多。但是，这肯定受到了拉丁语词“*invenio*”含义的促进，因为“*invenio*”既涵盖了发现，也涵盖了发明。1605年，在《学问的精通和提升》（*Of the Proficiency and Advancement of Learning*）中，弗朗西斯·培根总结了这种新的发现思想。实际上，培根声称，他已经发现了怎样做出发现：

尽管一个是广大的区域，另一个是很小的运动，但假如不首先发现水手的针（罗盘），就很可能不会发现西印度群岛（即作为一个整体的南、北美洲）。㊟因此，如果发明和发现的艺术自身已经被忽略，那么科学没有进一步被发现就不会显得奇怪了。

培根所谓的发明了发现的艺术（即技术）的说法有赖于一系列知识行动。首先，他拒绝一切现存知识，认为它们不适合做出发现，对改造世界没有用处。培根坚决主张，大学里讲授的经院哲学以亚里士多德的学说为基础，痴迷于一系列徒劳无益的争论，而这些争论永远也不可能产生他正在寻找的新知识。实际上，他拒绝那种以确定性和证明为基础的知识的思想。亚里士多德的哲学基于一种思想，即人们应该能够从普遍接受的基本原理中推导出科学，因此一切科学都类似于几何学。培根引入了阐释的概念，来取代证明。此前有学者写了阐释书籍的地方，培根现在引入了“自然的阐释”思想。

使阐释正确的不是其形式结构，而是其有用性，是那种让预测和控制成为可能的事实。培根指出，那些正在改变他的世界的发现（罗盘、印刷术、火药、新世界）是以一种任意的方式产生的。倘若对新知识进行系统的探索，那么没人知道会发生什么。于是，培根拒绝在他的社会里根深蒂固的理论和实践之间的区分。培根坚持认为，在一个社会里，如果手掌柔软的绅士和手掌坚硬的工匠和劳动者之间界限

明显，那么有效的知识就需要绅士和工匠之间的合作，需要书本知识和工场经验之间的合作。

因此，培根的中心主张是，知识（至少是那种他正在提倡的知识）就是力量。就是说，如果你明白了某种东西，那么你就获得了控制并再造某种自然效果的能力。[注]人的技能的产物远非必然次于自然的产物，人类能做的东西在原则上远超自然曾经做的东西，能够做的东西“在它们的发明之前几乎没有人有半点儿怀疑，但有人会简单地认为它们不可能而加以摒弃”。希腊哲学的目标是通过玄想来理解，培根哲学的目标则是一种新技术。培根对这种新技术抱着特殊的愿望，希望它成为一种“魔法”。就是说，在那些不熟悉它的人看来，它将做的事情似乎是不可能的（例如，对美洲原住民来说，枪似乎是一种魔法）。

与此（对发现的发现）相伴而来的，是一种对培根用英语写作时称为“advancement”（进展）、“progression”（前进）或“proficiency”（以其原来含义“向前移动”来使用这个词）的东西的新投入。1670年，他的翻译者把这种东西称作“improvement”（改善），或者直接称作“progress”（进步）。如果说美洲的发现始于1492年，那么进步的发现也是如此。就那种将造成不断进步的知识的思想来说，培根是试图将其系统化的第一人。他一生出版了三部概述新哲学的著作，分别是《学问的进展》（*The Advancement of Learning*，1605；1623年出版了增补的拉丁语版本）、《古人的智慧》（*The Wisdom of the Ancients*,1609）以及《新工具》［*The New Organon*，1620，是一部曾经计划但未完成的巨著《伟大的复兴》（*The Great Instauration*）的第一部分］。1626年，他的遗作《新亚特兰蒂斯》《林木篇》（*Sylva sylvarum*）出版。尽管书名用的拉丁语，但《林木篇》是用英语写的。在拉丁语中，“*sylva*”指的是木头，也指建筑所需的一堆原材料。因此，从字面意义上讲，“*Sylva sylvarum*”是“森林中的树木”，但实际上是“伐木场”。“*Organon*”是希腊语，意为工具（伽利略把他的望远镜

称作工具）。因此，就培根的事业而言，《新工具》提供了工具和精神禀赋，《林木篇》提供了原材料。

有人读了这些书，但它们几乎没有产生影响。人们对它们的需求也很一般。举个例子，《新工具》首次出版25年后，才出了第二版。直到17世纪40年代，培根在英国才有了追随者。（他在法国影响较大，那里出版了他的著作的译本。）原因很简单，培根自己没有做出科学发现。他的新科学主张完全是通过思索得来的。只是到了17世纪下半叶，他才从相对的籍籍无名中被拯救出来，并且被赞扬为一个新时代的预言者。

7

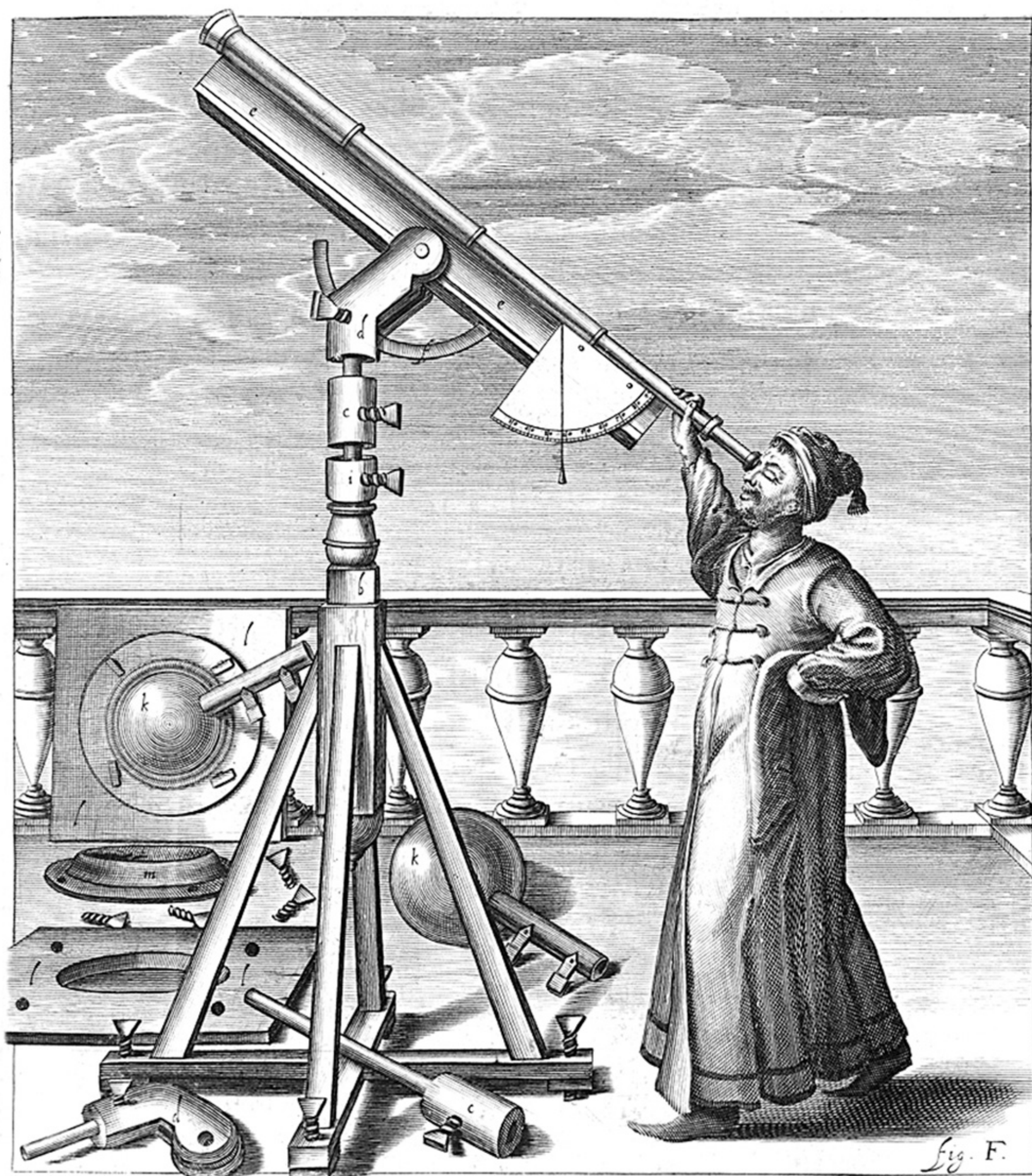
在培根论述发现时，别人正在做出发现。在16世纪里，一种科学发现的文法缓慢、笨拙地出现了，即在某一具体时刻出现的发现（即使它们的重要性只是随着时间推移才会显现）。某个人自称做出了它们，向世界宣布它们（即使很多人都参与其中）；它们以新的名称被记录下来，代表着不可逆转的变化。没有人设计这种文法，没有人制定其规则，但它们获得了广泛理解，而这只是因为它们是以地理发现的范例为基础的。(注)一些人深信自己理解规则，解剖学家加布里瓦·法罗皮奥（Gabriele Falloppio）是一个早期例子。他讲到，当他第一次去比萨大学教学时（1548年），他告诉学生，他已经识别了耳朵中的第三根骨头（不同于锤骨和砧骨），而伟大的解剖学家安德烈亚斯·维萨里（Andreas Vesalius）则没有注意到它，毕竟它是人体中最小的骨头。他的一个学生告诉他，在那不勒斯教学的乔瓦尼·菲利波·因格拉西亚（Giovanni Filippo Ingrassia）已经发现了这种骨头，并将其命名为镫骨。（因格拉西亚已经于1546年做出此发现，只是他的著作在他死后才于1603年出版。）法罗皮奥于1561年出版了他的著作，当时他承认因格拉西亚领先一步，采用了因格拉西亚提议为那种新骨头取的名字。他令人钦佩的行为受到了关注，卡斯帕·巴托兰（Caspar

Bartholin）于1611年将其作为教科书范例。法罗皮奥知道规则，决心按照规则比赛，因为他想让他的发现得到适当认可。因格拉西亚可以保留镫骨，法罗皮奥已经发现了阴蒂。也许有人认为，发现阴蒂没有那么难。但是，从盖伦那里继承来的标准观点是，男人和女人拥有完全相同的性器官，只是它们的折叠方式不同而已。其结果是，解剖学者赋予了它们相同的名称。举个例子，卵巢（就像我们现在对它们的称呼那样）不过是女性的精巢。阴蒂的发现于是就成了经验对理论取得的另外一场非凡的胜利，因为它没有男性对等物，是女性身体构造独一无二的东西。

就这样，在详细记录谁声称发现了什么上，解剖学家成了先驱。在其于1611年出版的教科书里，在开始叙述阴蒂时，巴托兰记录了法罗皮奥（他赞同法罗皮奥的主张）和法罗皮奥在帕多瓦大学的同事、对手利尔多·科伦坡（Realdo Colombo）彼此竞争的主张（当然，就像我们可能的那样，他怀疑古人已经知道了阴蒂）。作为一个前医学学生，作为新解剖学发现层出不穷的帕多瓦的教授，伽利略从1592年起就肯定熟悉这种新的领先主张文化。他的医生和私人朋友吉罗拉莫·法布里齐·德阿夸彭登特（Girolamo Fabrizi d’Acquapendente）是法罗皮奥最优秀的学生，发现了静脉瓣。

1610年1月7日夜，当伽利略把他的望远镜对准木星时，他注意到木星附近有一些东西，他认为那是固定不动的星星。过了一两夜，那些星星和木星的相对位置令人奇怪地发生了变化。伽利略起初认为，木星肯定在做异常运动，那些星星肯定固定不动。1月15日夜，他突然明白，他正在观测的是围绕木星旋转的卫星。他知道他做出了一个发现，并且马上知道该做什么。他不再用意大利语写他的观测笔记，开始用拉丁语写，打算出版。木星的卫星是被一个人在一个时刻发现的，并且从一开始就发现了，并非是回想起来的。伽利略不仅完全清楚他发现的是什么，也完全清楚他做出了一个发现。

由于伽利略匆忙出版，他的领先主张被广为接受。他后来声称，他第一次观测到太阳上有斑点是在1610年；1612年，他和他的耶稣会对手克里斯托弗·沙伊纳（Christoph Scheiner）一直在推进彼此竞争的领先主张。他们在如何解释他们看到的现象上存在分歧，但他们至少同意，他们都出版过的绘画是相同现象的图解。事情并不总是如此简单。氧气的发现是典型的问题个案。1772年，卡尔·威廉·舍勒（Carl Wilhelm Scheele）发现了某种东西，将其称为“火气”。1774年，约瑟夫·普里斯特利（Joseph Priestley）独立发现了某种东西，将其称为“非燃素气”（燃素被认为是在燃烧中释放的物质，一种相反的氧气）。1777年，安东尼·拉瓦锡公布了一种新的燃烧理论。该理论澄清了那种新气体的作用。他将其称作“氧气”，意思是（来自希腊语）“酸的生产者”，因为他错误地认为，它是所有酸的一种基本成分。［直到1812年，通过汉弗莱·戴维（Humphry Davy）爵士的努力，酸的性质才被搞清楚了。］即使拉瓦锡没有正确理解氧气，发现也是一个经常被延长的过程，是一个只能通过回顾弄清的过程。在氧气的个案中，可以说，它始于1772年，直到1812年才终结。



约翰内斯·赫维留斯（Johannes Hevelius）和他的一架望远镜［来自《月面学》（*Selenographia*），1647年，一张详尽的月球图］。赫维留斯生活在波兰的但泽，建造了一架长150英尺（约45.7米）的大望远镜。他也出版了一张重要的星图。（没有绘画或版画记录伽利略的望远镜。他大量制作望远镜，但留存下来的两架没有他在1610/1611年使用的那架功能强大。因此，我们不清楚伽利略的天文望远镜究竟是什么样子。）

有些人声称，不仅一些发现难以确定，就连所有发现主张都基本上是编造的。他们断言，发现的主张总是在事件之后很久做出的，事实上（如果这里竟然存在一种事实的话）从来就没有一位发现者，而是数位；此外，也绝没有可能搞清一种发现是在何时被做出的。哥伦布发现我们所谓的美洲是在什么时候？根本不知道，因为他根本没有意识到，他并没有抵达印度。谁发现了美洲？也许是瓦尔德泽米勒在他的书桌旁发现的，因为他第一个完全明白了哥伦布和韦斯普奇做过的事情。

木星的卫星被发现的简单例子显示，这些说法虽然貌似有理，却是错的。错误说法之一是，发现主张必然具有回顾性，因为“发现”是一个“完成词”，就像象棋中的将军。通过驾驶考试是他们想到的一种完成，因为只有当你走到考试的结束，才能确定你通过了。但是，任何合格的棋手都能预先几步计划一次将军；他们知道他们赢了不是在他们动棋子之后，而是就在他们看到了他们需要走的一步时。伽利略对木星的卫星的发现不像将军或赢得比赛，因为他并没有为它计划或看到它的到来。它也不像网球中的发球直接得分，因为只有在你的对手没能回球后，你才知道你发了那样一个球。它像跟着曲调唱歌，因为就在他做的同时，他知道他在做。一些成就必然是回顾性的（例如赢得诺贝尔奖，或发现美洲），一些是同时性的（比如跟着调子唱歌），还有一些可以是前瞻性的（例如将军）。科学发现囊括了这三种方式。正如我们已经看到的那样，氧气的发现是回顾性的。同时性发现的典型例子是阿基米德的“我找到了”的呼喊。就在他看见水平面在他的浴缸里上升时，他知道他找到了答案。这也就是为什么当他在街上奔跑并喊出好消息时，他仍然裸着身体、身上滴水的原因。木星的卫星被发现也是这样，伽利略拥有“一种我找到了的时刻”。(注)

真正值得注意的是那些前瞻性发现案例，因为它们直截了当地驳斥了那种认为所有发现都必然是回顾性的建构的说法。于是，1705年，在注意到一颗特别明亮的彗星会每隔大约75年重新出现后，哈雷

预言那颗彗星会在1758年回归。现在我们把它称作哈雷彗星。1758年圣诞节，那颗彗星如约而至。但是，无论如何，哈雷都已经在1717年把他的预言修正为“大约在1758年年底，或下一年年初”。哈雷是在什么时候做出了他的发现呢？当然是在1705年，当时他注意到了那种定期重现模式。当然，他经过改善的1717年预言值得注意。他肯定没在1758年做出他的发现，那时他早去世了。那一发现是在1758年被证实的（那颗彗星也相应地在1759年被命名为“哈雷彗星”），但它是在1705年被做出的。当我们说他预言了那颗彗星的回归时，并不是在阅读某种回顾哈雷声明的东西。与之相似，威廉·弗里德里克·贝塞尔（Wilhelm Friedrich Bessel）根据天王星轨道的异常，预言了海王星的存在。虽然那颗新行星在1846年才终于被发现，但对它的搜寻早就开始了。

维特根斯坦解释说，我们有一些词，并且极其可靠地运用它们，但我们无法恰如其分地界定它们。就拿“游戏”这个词来说吧，足球、飞镖、象棋、十五子棋、拼字游戏有什么共同之处呢？你在一些游戏中记分，但在象棋中不这样（除非在比赛中）。一些游戏中仅有两方，但并非所有游戏都这样。实际上，有些游戏一个人就能玩，比如单人跳棋，不着地控球。维特根斯坦说，游戏具有一种“家族相似性”，但这并不意味着那个词（或游戏和运动之间的区别）能够被恰如其分地界定。

因此，随着发现的范畴跟着时间推移而发展，它也开始包括很多极为不同的事件。有些发现是观测，比如太阳黑子。其他发现通常被称作理论，比如引力理论和自然选择理论。有些是技术，比如蒸汽机。与游戏的概念相比，发现的概念并不更加一以贯之或合乎情理。这意味着那种概念给哲学家和历史学家造成了各种困难，但并不意味着我们应该停止使用它。实际上，在这方面，这是构成现代科学的关键概念的典型情况。但是，就发现的情况而言，我们拥有一个简单的范例。整个语言都源于该范例。这就是哥伦布对美洲的发现。谁发现

了美洲？哥伦布和“平塔”号上的瞭望员都发现了美洲。他们发现了什么？陆地。他们是在什么时候发现它的？在1492年10月11/12日夜。

哥伦布和瞭望员罗德里戈·德·特里亚纳（Rodrigo de Triana）都声称做出了那个发现。伟大的社会学家罗伯特·莫顿（Robert Merton，1910—2003）痴迷于一种思想，即几乎总是有几个人能够声称做出了一个发现；如果情况不是这样，那是因为一个人非常成功地公布了他自己的主张（例如在对木星的卫星的发现上，伽利略就是如此），阻止了其他主张。莫顿是个了不起的传播者。我们把一些不可或缺的短语归功于他，比如“非意图后果”和“自我实现的预言”。这些短语概括了一些强有力的观点。他的短语“角色典范”已经走出大学，进入了日常话语。就像一切伟大的传播者那样，他热爱语言。就“机缘”这个词，他写了整整一本书；就“站在巨人的肩膀上”这个短语，他又写了一本；他还与别人合作，编辑了一卷社会科学语录。然而，他抱怨说，无论他如何努力，都无法赢得对多次发现思想的支持（他指出，它本身就是一种已经被发现多次的思想）。

在一定程度上，我们无法放弃那种思想，即发现就像赛跑，是一种一人赢、其他人都输的比赛。社会学家的观点是，每次赛跑都以一个胜者终结，因此胜利是绝对可以被预言的。如果领先的人绊了一下并跌倒，那么结果并不是没人赢，而是另一个人赢。在每次赛跑中，都有多个潜在的胜者。但是，参与者的观点是，获胜是一种不可预测的成就，是一种个人胜利。我们坚持从参与者的角度思考科学，而非从社会学家（或者从赌博庄家）的角度思考。我觉得，莫顿发现这一点令人茫然，这是对的，因为我们已经习惯于不仅从参与者（具有战略眼光的首席执行官）的角度，也从作为整体的经济（牛市和熊市，繁荣与萧条）的角度，来思考商业的利润与亏损。与之相似的是，在医疗中，我们已经变得习惯于在病历和流行病学观点中来回移动。我不知道我何时会死，但是有表格告诉我我的预期寿命有多长，保险公司会根据这些表格给我上保险。我们在一定程度上被那种个人在发现

中的作用的思想迷惑了，就像我们被获胜的思想迷惑那样。不仅如此，这种痴迷起到了一种作用，因为它促使竞争，鼓励奋斗。

在莫顿看来，发现并非单一事件（就像获胜那样），而是多次事件（就像跨越终点线）。约斯特·比尔吉（Jost Bürgi）于1588年前后发现了对数，但没有公布，一直到约翰·纳皮尔（John Napier）公布（1614年）之后。哈里奥特（1602年）、斯内尔（Snell，1621年）、笛卡儿（1637年）各自发现了正弦折射定律，不过笛卡儿是第一个公布的。伽利略（1604年）、哈里奥特（约1606年）、比克曼（1619年）各自发现了落体定律，只有伽利略公布了。玻意耳（1662年）和马里奥特（Mariotte，1676年）各自发现了玻意耳定律。达尔文和华莱士（Wallace）各自发现了进化（并且于1858年联合公布）。最引人注目的多次发现是，1608年，大约在同时，汉斯·利普黑（Hans Lipperhey）、查卡里亚斯·詹森（Zacharias Janssen）、雅各布·梅提斯（Jacob Metius）都声称发现了望远镜。你或许觉得那些认为发现思想是一种编造的人会欢迎这样的案例，但他们没有。就他们的关切而言，多次发现也是编造。为了削弱这样的案例，他们采用了一个牵强附会的策略，就是坚持只要是有人主张几个人做出了一个发现的案例，那么他们每个人实际上发现的是不同的东西，就是说，普里斯特利和拉瓦锡没有都发现了氧气，他们做出了非常不同的发现。不过，很明显，利普黑、詹森和梅提斯发现的（或声称发现的）完全是同一种东西。

但是，让我们回到我们最初那个太阳黑子的例子（把望远镜的案例放在一边，因为人们有可能怀疑，仅有一个真正的发现者，其他人则试图剽窃他的思想）。1610—1612年，有四个人发现了太阳黑子，每个人都是独立发现的，其中包括伽利略、沙伊纳、哈里奥特（没有公布）、约翰尼斯·法布里修斯（Johannes Fabricius）。只有可能是伽利略剽窃了沙伊纳的思想，或者沙伊纳剽窃了伽利略的思想，但另外两个人肯定是独立发现的，既彼此独立，又独立于前两人。同一事物

被多次且同时发现的确是可能的。如果有人想说，那四个人做出了不同的发现，因为他们对他们看到的东西的解释在一定程度上是不同的，那么也肯定有人说，当哥白尼看到金星在早上的天空升起时，他看到的行星和自托勒密以来所有其他天文学家看到的那颗行星不同，因为他看到的是一颗围绕太阳旋转的金星，而他们看的是一颗围绕地旋转的金星。尽管如此，他们都能够在他们看到的那颗行星的坐标上达成一致，还从来没有人声称哥白尼发现了金星。［另一方面，有人也许会辩称，第一个意识到晨星和昏星是同一个天体的人发现了火星。根据古代史学家的记载，这个人要么是泰勒斯（Thales），要么是巴门尼德（Parmenides）］。

8

正如我们已经看到的那样，培根围绕着发现思想构筑了一种科学的哲学，把哥伦布当作了他的范例；五年后，伽利略正在被赞扬为天文学的哥伦布，即“*quasi novello Colombo*”（一种充满深情的爱称）。伴随着发现而来的是成为第一的竞争。哥伦布决心坚持他第一个看到了陆地，因为西班牙的斐迪南（Ferdinand）和伊莎贝拉（Isabella）曾承诺给第一个看见陆地的人一笔终身年金。相应地，哥伦布给前文提到的另一名新大陆可能的发现者特里亚纳提供的奖品是一件丝质夹克。伽利略通过出版界匆忙出版他的望远镜发现的书，因为他担心有人会在这方面击败自己。他的担心不无道理，因为哈里奥特已经在用望远镜做天文观测。他尤其想及时把他的书出版，以便在春季图书市场之前把一些书运到法兰克福。自从意识到木星有卫星的那一刻起，他就在和未知的、想象的竞争者赛跑。（他完全不了解哈里奥特，但他知道望远镜正在普及，不久每个人都会用它们观测天空。）㊟

由于我们生活在一个围绕竞争构建的社会里，我们倾向于把竞争行为当作社会生活的一个普遍现象。但是，在这么做时，我们一定要三思而行。“竞争”的名词形式“competition”于1579年首次出现在英语

中，动词“compete”出现于1620年。在16世纪晚期，法语词“*concurrence*”仍旧意味着“走到一起”，还没有“竞争”的意思。在17世纪初，意大利语词“*concorrente*”只是正在开始拥有其现代含义。它们也没有明显的同义词，至少在英语中是这样。“竞争”的另一种说法“rival”（名词，1577年；动词，1607年）、“rivalry”（1598年）大致和“competition”同时，反映了用新语言描述竞争行为的需要。竞争行为既是新的发现文化的结果，也是原因。

对无所不在的新竞争精神，不同的人做出了不同的反应。就大数学家罗伯维尔的情况来说，其结果是他病态地认为别人在剽窃他的思想。正如霍布斯对他朋友的评价那样，“罗伯维尔有个特点，就是只要有人公布了他们发现的任何定理，他就会立即在他发布的文件中宣布，他第一个发现了它”。牛顿等待了近30年，才公布了他对微积分的发现的完整记述；人人似乎都对主张领先很感兴趣。到了他于1693年公布时，他明显落在了莱布尼茨（Leibniz）后面，后者已经于1684年公布了在一定程度上有些不同的微积分版本。然而，在1704年后的数年里，就莱布尼茨是否看过牛顿的一份手稿并剽窃了他的思想，一场激烈的争论在他们之间爆发了。牛顿的朋友不得不向他施压，以发表他的伟大作品《原理》（*Principia*，1687）。在这部作品中，牛顿解释了引力。两年后，莱布尼茨公布了一个可供替代的理论。这引发了进一步的纠纷，而焦点是，莱布尼茨是如他所声称的那样，独立发现了他的理论，还是在阅读《原理》的基础上，把它们拼凑到了一起。针对莱布尼茨的第一个指控是错误和不公正的，但牛顿无情地追逐它，甚至亲自写了一篇被认为是由皇家学会就争论的是非做出的公正裁决。至于第二个指控，最近的学术研究已经证明，它是有充分根据的。在这方面，莱布尼茨的确是一个剽窃者。无论有无好的理由，牛顿都陷入了将被证明是所有领先争议里最激烈、拖沓的争议中了。他怒气冲冲地抱怨说，他已经“被抢走了他的发现”。

在很长一段时间里，牛顿显得对这样的事情漠不关心。如果说牛顿没能忍住，亲自投入了战斗，那是因为他的朋友和弟子对他期望太高。他浸润在一种痴迷于主张领先的文化中。（牛顿自己就被胡克指控剽窃，胡克坚称平方反比定律是他给牛顿的，但牛顿拒绝承认。）新科学文化（正如我们将要看到的那样）不只是竞争，但竞争处于它的核心。实际上，假如没有竞争，也就不会有科学了。

科学家中存在竞争本身就证明，发现的思想是当下的；哪里没有竞争，那里就不存在发现的思想。那种认为发现无论意图和目的为何都是新的是一种强势主张，但再次检验它并不难（因为通过在维吉尔的《关于发明》中寻找发现，我们已经检验了它一次）。第一次领先争议是在什么时候发生的？我这样说并不是指历史学家后来虚构的领先争议，（谁第一个发现了美洲，是哥伦布还是维京人？）而是指当时导致了冲突的领先争议。早在就谁发现了太阳黑子引发的争议（1612年以来）之前，在1588年后的那些年里，就谁发现了地日心宇宙学，第谷·布拉赫和尼古劳斯·赖默斯·贝尔［Nicolaus Reimers Baer，被称作乌尔苏斯（Ursus），意思是熊］之间就爆发了激烈的争论。（第谷·布拉赫公布时间略早于乌尔苏斯，但乌尔苏斯声称自己是独立发现的。他还辩称，这种假说其实不新。他的说法被布拉赫愤怒地否认了。）注218他们还都声称发现了积化和差的数学技术。在对数被发明之前，积化和差对进行长度计算很重要（对数是另外一个多次发现，因为它是被两个人各自发现的，其中约翰·纳皮尔于1614年，约斯特·比尔吉于1620年）。但是，布拉赫和乌尔苏斯并没有发明领先争议。他们之所以在乎领先，不过是因为至少自1520年以来，数学家们就一直在认真对待它。

1520年，希皮奥内·德尔·费罗（Scipione del Ferro）发现了一元三次方程的一种解法。德尔·费罗把那个解法传授给了他的一个学生，但尼科洛·丰塔纳（NiccolòFontana）独立发现了它。丰塔纳又被称作塔尔塔利亚（Tartaglia，一个绰号，意为“结巴舌”）。在一场公开“决

斗”中，塔尔塔利亚击败了德尔·费罗的学生。在那场“决斗”中，他们争着卖弄他们的数学造诣（并招募学生，在文艺复兴时期的意大利城邦中，数学教育对商业成功至关重要，但潜在的生源有限，导致数学家为了他们而激烈竞争）。数学家、哲学家吉罗拉莫·卡尔达诺（Girolamo Cardano）误导塔尔塔利亚，让后者期盼获得一笔重要的金融奖励，把秘密传授给他，他发誓保密。塔尔塔利亚于是把那个秘密编成密码，写进了一首诗里，以便将来能够证明他的领先权。过了一段时间，卡尔达诺发现德尔·费罗早于塔尔塔利亚发现那个秘密，于是使自己解除誓言，于1545年公布了它。这导致卡尔达诺和塔尔塔利亚发生了激烈争执，以及卡尔达诺的一个学生和塔尔塔利亚之间的“决斗”（卡尔达诺的学生最终胜利）。

这个小插曲清晰地显示了领先争议的前提条件是什么。第一，必须有一个联系密切的专家群体。他们有一套共同标准，并按照标准确定成功的构成要素（在“决斗”中，这一点显而易见）。第二，这一专家群体必须拥有共同的知识基础，从而能够确定一种结果是否不仅正确而且新颖。第三，必须有确定领先的方式。以塔尔塔利亚为例，他的密码诗是一种装置，可以证明他已经有了一种解法，即使他将其保密也是如此。［1610年，利用相似的方式，伽利略公布了一些字谜，来证明他已经发现了金星的相位和土星的奇怪形状，即使他还没有宣布这些发现也是如此；罗伯特·胡克于1660年公布了一个字谜，第一次宣布了我们现在所谓的胡克弹性定律；在发现土星的卫星（现在名为土卫六）和土星环的过程中，惠更斯也类似地依靠字谜来保护他的领先主张。］最后，必须有公开一个人的知识的机制，例如卡尔达诺出版了一本书。在正常情况下，正是出版首先创造了专家群体和已获确认的知识体（这两样可谓一枚硬币的两面），然后才让不容置疑的领先主张成为可能。

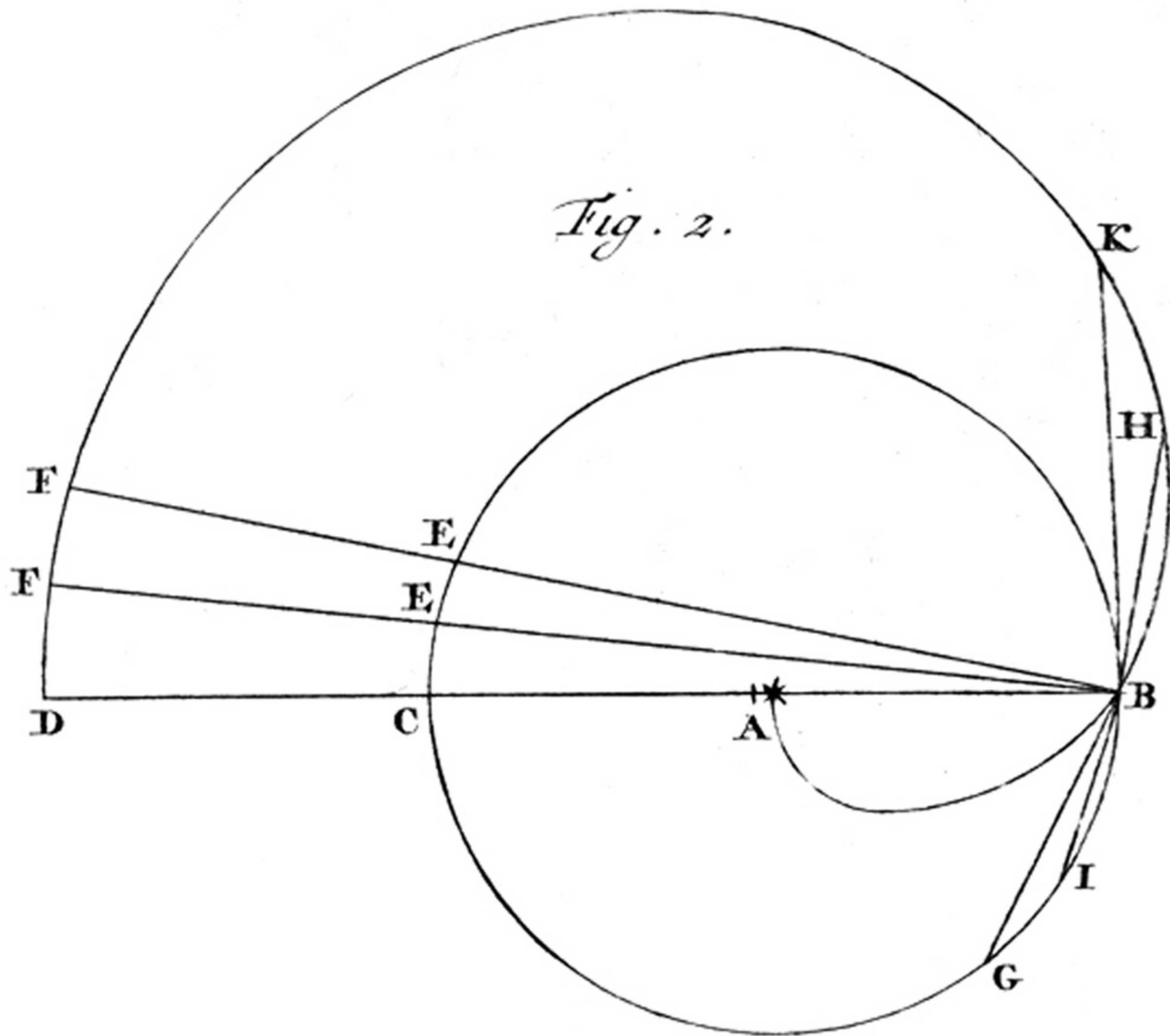
即使没有印刷机，领先争议也并非不可想象。但是，实际上，就我们所知，在印刷机之前，不存在领先争议。[注]举个例子，设想我们

回到古罗马。在古罗马，盖伦致力于与其他医生进行公开争论，而非像文艺复兴时期的意大利数学家那样进行决斗。我们发现，古罗马存在大量自封的专家之间的竞争，但缺乏关于专业知识成分的常识，以及怎样确定谁是胜者。盖伦现存著作达300万个单词，但那也许仅为他所著全部文字的1/3。他之所以如此饶舌，是因为他痴迷于克服难以克服的障碍。不过，他的努力归于徒劳。具有讽刺意味的是，在中世纪欧洲的大学里，每个医生都认为，盖伦是医学知识的化身。在古罗马，有几个医学学派（游方郎中、循规蹈矩者、唯理论者）进行竞争，但缺乏任何清晰的胜者。在中世纪的大学里，有一个胜者，却没有竞争。注在文艺复兴时期，印刷机第一次为真正的竞争创造了条件。也就是说，为冲突和胜利创造了条件。

与数学相比，这一过程在解剖学中开始得相当晚。1543年，安德烈亚斯·维萨里出版了《人体之构造》。在这本书里，他指出了盖伦著作中的一些错误。他在和盖伦竞争，但彼此竞争的解剖学家群体尚不存在，维萨里没必要为他的发现主张领先。倒不如说，他画了一条基线，使他人能够主张领先。（正如我们已经看到的那样，以发现维萨里没有提及的某种东西为基础，因格拉西亚和法罗皮奥都能主张一种发现，即镫骨。）

关于科学，莫顿的一个基本主张是，科学知识是公开知识，是能够让他人质疑、验证和争议的知识。被私下保留的知识根本不是真正的科学知识，因为它经不起同行评审的检验。因此，除非有把知识公之于众的可靠方法，否则就不可能存在科学。从来没有被公之于众的发现，或仅在被做出很久才被公之于众的发现，其实根本不是发现。注领先争议是知识已经变得以公开、进步、发现为导向的绝对可靠的标志。它们在一个学科中首次出现标志着那个学科的历史的一个关键时刻，标志着我们在回顾中可以称作“现代性”的东西的开端。我们已经看到，它们首先出现在数学中；到了1561年，就谁发现了阴蒂，法罗皮奥投入了与科伦坡进行的领先争议。由于科伦坡去世较晚，法罗

皮奥于1562年去世，争议不得不由法罗皮奥的学生莱昂内·卡尔卡诺（Leone Carcano）继续下去。一个世纪后，在1653年后的那几年里，就人的淋巴系统的发现，托马斯·巴托兰（Thomas Bartholin）和奥洛夫·鲁德贝克（Olof Rudbeck）进行了激烈的争论。只要存在辱骂性的领先争议，就必须寻找解决它们的办法。布拉赫发起了针对乌尔苏斯（他在开庭前死去）的法律诉讼，但法庭显然缺乏所需的专业技能。于是，赖尼尔·德·赫拉夫（Reinier de Graaf）和扬·斯瓦默丹（Jan Swammerdam）就卵巢里的卵子的发现展开的争执（始于1672年）被提交给了伦敦皇家学会裁决。皇家学会没有把领先权判给他们中的任何一个，而是判给了尼尔斯·斯泰诺（Niels Steno）。



名为“P先生蜗牛”的数学曲线，取自罗伯维尔的《数学著作》（*Mathematical Works*，1731）

与领先争议同样重要的是对发现的命名。科学发现者通常效仿新陆地的发现者，声称有权命名他们的发现。因格拉西亚命名了镫骨，伽利略把木星的卫星命名为美第奇星，拉瓦锡命名了氧气。发现通常以他们的发明者的名字命名。从1597年开始，这成了区分三种宇宙体系的标准。这三种体系分别是托勒密体系、哥白尼体系和布拉赫体系。布莱兹（Blaise）的父亲艾蒂安·帕斯卡尔（Étienne Pascal）于1637年发现了一条异乎寻常的数学曲线。1650年，他的朋友吉勒·德·罗贝瓦尔（Gilles de Roberval）将其命名为帕斯卡尔蜗牛。或者，倒不如说，出于对艾蒂安·帕斯卡尔的谦卑（他当时依然在世）的尊重，它被命名为P先生蜗牛。

这些名称自身就是领先主张，是由原始发现者的崇拜者代表他们命名的，是与美洲的命名进行的隐式类比。[注]这也解释了为什么没有身体部分以希波克拉底或盖伦的名字命名，没有星星以托勒密的名字命名，没有生物以亚里士多德或普林尼的名字命名。命名游戏和发现游戏密不可分。在发现性航海之前，它不可能存在。实际上，为了使命名游戏开始，科学家们不得不做出能够以他们的名义被提出的领先主张。维萨里是文艺复兴时期第一个伟大的解剖学家，但他没有主张领先。这也就是为什么他有那么多原创性的东西，却没有身体部分以他的名字命名。

9

瓦尔德泽米勒于1507年做出了把韦斯普奇考察的陆地称作“美洲”的决定。人们马上就意识到，这里面有关于地理发现的新东西。这个名称很快就成了作为整体的那个大陆的名称。以人名命名法此前尚不是一种常见做法。当然，这种命名法并非未知的，毕竟基督教是以基督的名字命名的。此外，按照相同模式，异端以它们的创始人的名

字命名，例如多纳图派和阿莱亚斯派。也有一些城市以他们的创建人的名字命名，例如亚历山大里亚以亚历山大（Alexander）的名字命名，恺撒利亚以奥古斯都·恺撒（Augustus Caesar）的名字命名，君士坦丁堡以君士坦丁（Constantine）的名字命名。注有一套重要的天文表名为阿方索天文表，它们是以那个资助它们的人的名字命名的。这个人是卡斯蒂利亚国王阿方索十世（Alphonso X，1221—1284）。

由于葡萄牙航海家考察了非洲海岸，他们就给它绘图、命名，通常是从当地人那里借来名字，或使用圣徒的名字。最后，在1488年，巴尔托洛梅乌·迪亚士（Bartolomeu Dias）抵达了非洲最南端，并且把它命名为好望角。迪亚士抵达的最远点在好望角之外，他将其命名为“Rio do Infante”，意为王储之河，是以亨利王子的名字命名的，现在被称作航海家河。哥伦布把他发现的岛屿命名为圣萨尔瓦多、圣玛利亚—德—拉—康赛普西翁、费尔南迪纳、伊莎贝拉、乔安娜、伊斯帕尼奥拉，他命名的第一座西班牙城市为拉纳维达得，所有这些名字都涉及了基督教教义或西班牙王室。1507年以前唯一一个以普通人的名字命名的新世界岛屿是丰索亚岛，是以1499年探险的一个资助人的名字命名的。由于以其发现的资助人的名字命名新陆地的做法（菲律宾以西班牙的菲利普二世的名字命名，弗吉尼亚以童贞女王伊丽莎白一世的名字命名，卡罗莱纳以查理一世的名字命名），以人名命名法大行其道，但这些名字依然差不多都是国王和王后的名字［范—迪门岛是个例外，它是以荷兰东印度总督的名字命名的，不过它很久后以其发现人阿贝尔·塔斯曼（Abel Tasman）的名字被重新命名］。

就像发现思想自身那样，以人名命名法很快就被从地理学带入了科学。伽利略于1610年为以人名命名星星寻找先例做的尝试揭示了这究竟有多新，当时他把新被发现的木星的卫星命名为“美第奇星”。他找到的唯一例子是奥古斯都试图以尤里乌斯·恺撒（Julius Caesar）的名字命名一颗彗星（这是徒劳的尝试，因为那颗彗星迅速消失了，现在那颗彗星名为哈雷彗星）。奥古斯都当然是在宣称恺撒不是人，而是

神，因为行星都以神命名（在命名新发现的行星的过程中，这一原则继续受到尊重，例如天王星、海王星和冥王星）。注236在拉丁语中，星期的各天是以行星命名的（其中包括太阳和月亮，它们在托勒密体系中是行星）。在日耳曼语系中，它们以异教神的名字被重新命名了。另一方面，亚美利哥·韦斯普奇既不是神，也不是皇帝或国王。以人名命名法已经被砰的一声拉到尘世了。

在地理学中，发现游戏和命名游戏并驾齐驱。但是，在科学中，第二种游戏比第一种游戏进展缓慢。这对我们而言并不明显，因为经典发现已经逐渐和它们的发现者的名字联系在了一起。在1697年以前，“阿基米德定律”（如果被排开的液体的重量等于一个物体的重量，那么物体将漂浮）看上去好像不是这样命名的。除了托勒密、布拉赫、哥白尼（或毕达哥拉斯）天文体系，1721年的一本词源和技术词典仅包含两个以人名命名法的例子，一个是法罗皮奥管（输卵管），另一个被称作“*accessorius Willisii*”神经（副神经），是由托马斯·威利斯（Thomas Willis，1621—1675）发现的。

那么，科学中的以人名命名法始于何时呢？正如我们已经看到的那样，地理学中的以人名命名法在美洲的命名之前非常罕见，并且美洲仍旧是以普通人的名字命名中的特例。西塞罗曾经使用了形容词“*Pythagoreus*”（毕德哥拉斯的）、“*Socraticus*”（苏格拉底的）、“*Platonicus*”（柏拉图的）、“*Aristotelius*”（亚里士多德的）、“*Epicureus*”（伊壁鸠鲁的），因此我们发现以其他哲学家为基础的早期形容词就自然而然了，如“*Ippocratisa*”（波克拉底斯主义的，约1305年）、“*Thomista*”（托马斯主义的，1359年）、“*Okkamista*”（奥卡姆主义的，1436年）、“Scotista”（司各特主义的，1489年）。当然，在这些单词中，有很多进入口语的速度非常慢。除了“*Epicureus*”（它出现在1382年的维克利福特《圣经》中），我在1531年［当时司各特主义者（Scotist）出现了］之前的英语中找不到它们中的任何一个，就连“柏拉图主义者（Platonist）”也没有。

对于我们来说，在发现被创造出来之前，通过把思想、发现与它们的创造者联系起来，以标示它们（此时此刻，我正在遭受至少三种以它们的发现者的名字命名的医学状况之苦），这一明显的过程似乎并不常见。注240“Algorithm”（算法）是以波斯数学家花拉子密（al-Khwārizmī，780—850）这个名字的拉丁语形式命名的，至少可以追溯到13世纪早期，但那似乎是个例外。“曼纽拉斯定理”是以亚历山大里亚的曼纽拉斯（Menelaus，70—140）命名的，是托勒密天文学的数学基础，在15世纪就被普罗克鲁斯明确归功于曼纽拉斯。1560年，在普罗克鲁斯的著作译本的边缘，弗朗西斯科·巴罗兹就把它命名为曼纽拉斯定理（*Demonstratio Menelai Alexandrini*）。不过，阿拉伯人和中世纪注释者将其称作断面数字。毕达哥拉斯定理不是在文本或边注中被这样命名的，而是在索引中（它以前被称作“Dulcarnon”，源自阿拉伯语，意味“两角的”，在与之相伴的图解出现之后）。实际上，那份索引显示了一种系统决心，即只要有可能，就把思想和它们的原创者联系起来。不仅如此，在文本和索引中，巴罗兹甚至细心地标上了“弗朗西斯科·巴罗兹的边注”。既然每种思想现在都必须有一个创造者，只要有创作者无法被发现，巴罗兹就会注上“巴罗兹的边注是对‘一个不知名的创作者的边注’的回应”。一份古老的手稿显示了这一点。这是一种新现象。维特鲁维斯的著作首次出版于1486年，描述了柏拉图把一个正方形的面积加倍的方法、毕达哥拉斯的三角板的发明（均为毕达哥拉斯定理的实际应用）以及阿基米德定律，但维特鲁维斯著作的各种版本的索引却显示，名字只是非常缓慢地开始与思想联系起来。1548年的德语译本是提供广泛名称条目的第一个版本，但它也仅有关于阿基米德和毕达哥拉斯的条目，没有阿基米德定律或毕达哥拉斯三角板的条目。

1567年，伟大的新教逻辑学家和数学家彼得吕斯·拉米斯（Petrus Ramus）提到了“托勒密的定律”和“欧几里得的定律”。但是，拉米斯追溯到了遥远的过去。实际上，我们可以构想一条普遍定律（当然是沃顿定律了，因为我们的主题是以人名命名法），即只要是1560年以前

并且以其发现者（或被认为的发现者）的名字命名的发现，那么对它们的命名就往往发生在很久以后。因此，随便举个例子，莱昂纳多·皮萨诺（Leonardo Pisano）又被称作斐波那契（Fibonacci），被认为是斐波那契数列的发现者。他于1202年著书立说，但它以他的名字命名却是在19世纪70年代。

如果说1560年标志着以人名命名法在科学中的实际开端，那么这一做法只是在1648年后才开始普及并被用来命名当时的发现。正是在1648年，标准真空试验（包含了一个一头堵着的长玻璃管和汞溶液）开始被称作托里切利试验。[注]［试验是于1643年首次实施的，但一开始就知道埃万杰利斯塔·托里切利（Evangelista Torricelli）是其发明者的人不多；正如我们已经看到的那样，1650年，罗伯维尔以艾蒂安·帕斯卡尔命名了一种数学曲线。］1651年，帕斯卡尔对他曾试图把托里切利试验据为己有的传言做出惊恐的反应。他坚称，每个人都知道，这将是学术盗窃行为。对帕斯卡尔来说似乎显而易见的是，一个人可以“拥有”一种思想或一种试验，而在1492年前，这会让所有人感到困惑不解。[注]实际上，“plagiary”（剽窃）只是在1598年才成为一个英语单词，“plagiarism”（剽窃做法）在1621年，“plagiarize”（动词，剽窃）在1660年，“plagiarist”（剽窃者）在1674年。1646年，托马斯·布朗搜集了很多例子，证明大量古希腊和古罗马作者的文本被整体复制，署上其他作者的名字再次出版。[注]他断定，“我们时代的抄录做法自身并不坏，抄录并不是与印刷术一起出现的，而是始于盗窃困难的时代”，因为书籍短缺。新鲜的不是抄录别人的做法，而是认为抄录可耻的思想。布朗没有想到的是，知识产权的概念既要归功于哥伦布，也要归功于印刷机。

从大约17世纪中叶开始，大批关于科学试验、理论或发现的形容词相继在英语中出现，并且都基于科学家的名字。1647年，罗伯特·玻意耳提到了“the Ptolemeans,the Tychonians,the Copernicans”（托勒密派、第谷派、哥白尼派）。接下来有“Galenic”（盖伦的，1654

年）、“Helmontian”（海耳蒙特的，1657年）、“Torricellian”（托里切利的，1660年）、“Fallopian”（法罗比奥的，1662年）、“Pascalian”（帕斯卡尔的，1664年）、“Baconist”（培根主义者的，1671年）、“Euclidean”（欧几里得的，1672年）、“Boylean”（玻意耳的，1674年）和“Newtonian”（牛顿的，1676年）。18世纪早期，科学定律第一次开始以他们的发现者命名。（科学定律的思想自身就是新的。即使到今天，也没有什么定律以古代或中世纪的数学家和哲学家的名字命名，原因就在于此。与拉米斯不同，我们不说欧几里得定律和托勒密定律，因为拉米斯用“定律”来指数学定义，而非自然中的规律性。）于是，我们就有了玻意耳定律（1708年）、牛顿定律（1713年）和开普勒定律（1733年）。绘制月球是1645年由范·朗格雷（van Langren）开始的，为以人名命名法命名开创了一个关键先例，有助于把它从地理学转移到天文学。早期月面学家有太多的月貌需要命名，他们发现自己不仅把荣誉授给了古人，也授给了现代人；不仅授给了对手，也授给了盟友。乔瓦尼·巴蒂斯塔·里乔利（Giovanni Battista Riccioli）是耶稣会会士，支持布拉赫，以哥白尼的名字命名了一座环形山。这并不像有人想象的那样，证明他是一个秘密的哥白尼派。这只不过是因为有太多的环形山要命名而已。

10

发现就其自身而言并非一种科学思想，而是一种构成科学基础的思想，我们不妨将其称作元科学思想。很难想象有人拥有一种科学（在我们现在使用这个词的意义上），它既不声称取得了进步，也不从具体的新知识获得方面展示进步。说起来，“揭开”的比喻，发现性航海的范例，存在发现者和发现时刻的坚持，以人名命名法的做法，其他更近的标志发现的方式（例如，诺贝尔奖的授予，1895年；菲尔兹奖的授予，1936年），这些无疑是一种地方文化的一些方面，但任何科学文化都需要另外一套概念，以实现相同的标示、激励、变化功能。正如我们已经看到的那样，希腊化科学、阿基米德科学提供了一

种有趣的检验案例。它不仅拥有我们现在所谓的“科学”的诸多特征（实际上，首批现代科学家只想模仿他们的古希腊前辈），而且从历时的角度看，它还初步把科学理解成了发现。然而，古希腊人没有给奖章刻上“*Eureka*”（找到了）这个词，并开始把它颁给成功的科学家，就像我们把菲尔兹奖奖章颁给成功的数学家那样。相比较而言，伽利略的《星际信使》（1610）一开头就断言（出于谦逊的缘故，有些间接），他自己的主张将万古流芳。他告诉我们，雕像和奖章不足以彰显他的主张。到那时为止，还没有颁给科学成就的奖金或奖章。但是，在伽利略的想象中，这样的奖励已经存在了。在其《新亚特兰蒂斯》（1627）中，弗朗西斯·培根设想了一个长廊，里面摆着伟大的发明者［如谷登堡（Gutenberg）］和发现者（如哥伦布）的雕像。1654年，沃尔特·查理顿呼吁树立“一座金像”，以纪念伽利略。诺贝尔奖不过是新版的查理顿雕像。

发现以一个地方性概念开始，沿着非洲海岸前进的葡萄牙探险家树立新“赫拉克勒斯之柱”的行为是它的第一个象征。“*descubrimento*”这个词与它结伴而来，首先意味着“探险”，然后意味着“发现”。再接下来，这个词以与它对等的方言词形式，传遍了欧洲。这是一个地方故事，还是一个跨文化故事？发现作为一种概念开始被界定为一种特殊活动（朝着非洲航行）和一种特殊的文化（15世纪的葡萄牙），但它很快就在西欧流行开来。它是知识革命新时代的基本前提，因为它是任何自视为改进知识的社会都必须发展的一种必要概念。在16、17世纪，意为“发现”的词在欧洲广泛传播。这首先反映了一种新型制图知识的传播。这种知识也许最初是地方性的，但很快就变成了跨文化性的（就像葡萄牙的海船克拉克帆船那样，迅速在欧洲各地被模仿）。有必要指出的是，新的地理发现在欧洲各地迅速被接受为正确的东西。你不需要是个西班牙人就可以相信，哥伦布发现了一个新大陆。但是，这其次也反映了一种新文化的传播。这种文化是以进步为导向的。一旦发现的思想确立了其自身，它就从地理学扩大到了其他学科。这也是一种跨文化传播。

在相当长的一段时间内（数个世纪），新的科学知识被限制在欧洲的边界和海外欧洲人的殖民地、船只之内。整个欧洲证明有能力（当然，一些地区比另一些地区能力更强）抛弃其旧理论、采用新理论，有能力拒绝认为知识已经完备的思想、接受认为知识永远在路上的思想。在欧洲之外，知识没有以同样迅速、自信的方式传播。关于这一点有各种各样的解释，但至关重要的是，欧洲文化给竞争、多样性留有相当大的空间。欧洲的社会到处都是碎片化、分裂的，有很多地方管辖区（例如自治的城市和大学），每个国家都在和其他国家竞争，宗教权威到处和世俗权威竞争。此外，当然，欧洲既继承了希腊文化，也继承了拉丁文化，新科学得以声称在继续一种令人尊敬的知识项目，恪守了毕达哥拉斯、欧几里得、阿基米德的传统，甚至在某些方面还恪守了亚里士多德的传统。

就这样，“发现范畴”证明能够在文艺复兴时期跨欧洲各地方文化传播，但没有在别处取得良好进展。其他文化（一定程度上，在哥白尼遭到谴责后，还包括欧洲天主教文化）还不乐意接受积极的知识变革。在我看来，某种发现概念是自然知识系统创新的一个关键先决条件；存在一种创新逻辑，并且如果知识被推向了创新，那么就必须尊重那种逻辑。但是，发现思想没有带来文化统一，而是鼓励多样性。发现思想能够与各种不用的新知识兼容，既和里乔利的地心说兼容，也和哥白尼的日心说兼容；既和笛卡儿对真空的否认兼容，也和帕斯卡尔对真空的接受兼容；既和牛顿的时空统一观兼容，也和爱因斯坦的相对论兼容。它并不必然通向任何种类的科学。此外，我们标示为“发现”的社会实践有可能引发混淆、自相矛盾、似是而非，因为我们并不总是能搞清楚谁做出了发现以及何时做出了发现。因此，一方面，发现不只是一种地方实践，还是科学的先决条件；另一方面，它依靠偶然的、地方的方式，来决定什么称得上发现，什么称不上。发现思想的存在是科学的必要条件，但其精确形式是多样、易变的；如果它在哪里遭到抵制，就像在奥斯曼帝国和中国那样，那么科学技能自身就无法生根发芽。[注]

随着发现思想的出现，以及随后的领先争议、把每个发现都与一个被指定的发现者联系起来的决心的发展，某种可以被识别为现代科学的东西第一次开始显现。一种新型历史也伴着新科学而来。[注]举个例子，这里是一本1708年技术词典“磁铁”条目的第二段：

在其《1682年阿尔特多夫邀请函》（*Epistola Invitatoria dat.Altdorf 1682*）中，斯特米尔斯（Sturmius）评论道，磁铁的吸引性在整个历史上都受到了注意。但是，第一个发现它的向磁极性或它的指向磁极的属性的，是我们的同胞罗杰·培根（Roger Bacon）。这已经有大约400年的时间了。意大利人第一个发现了它能够把这种特性传导给钢或铁。塞巴斯蒂安·卡博特（Sebastian Cabbott）第一个发现磁针在不同经线倾角（declination）不同，我们的同胞罗伯特·诺曼发现它对较近的磁极的偏角（inclination）。[注]他评论道，偏角的变化（variation），也就是它在一个地点和同一地点并不总是相同的，只是在几年前才被赫维留斯、奥祖、佩蒂特、沃尔卡默（Volckamer）等人注意到。

这样的历史不仅是发现的历史，也是进步的历史。

这样一来，我们就可以非常直接地归纳迄今为止的论证。1492年美洲的发现创造了一种知识分子可以投入其中的新事业，即新知识的发现。这种事业要求满足特定的社会和技术前提条件，其中包括可靠的交流手段的存在、共同的专门知识体、公认能够裁断争议的专家群体。首先是制图员开始玩这种游戏，然后是数学家和解剖学家，接着是天文学家。这一游戏天然具有竞争性，立即引发了领先争议，引发以人名命名法命名则较为缓慢。进步思想、知识产权思想和发现思想密不可分。1605年，培根声称已经确定了做出发现、确保进步的基本方法。1610年，伽利略的《星际信使》证实存在一种新自然哲学，这一哲学做出发现的能力是史无前例的。

当然，发现游戏有其前情和先例。专利是最佳例子。1416年，威尼斯政府授予弗朗西斯库斯·彼得里（Franciscus Petri）一项专利，期限50年。他发明了一种新缩绒机。1421年，由于设计了一种新的运载大理石的驳船，佛罗伦萨政府授予伟大的工程师和建筑师布鲁内列斯基（Brunelleschi）一项为期三年的专利。1474年，威尼斯政府要求那些想主张垄断的人首先到政府登记他们的新发明，使它自己的专利系统正式化了。（这成了英国第一例专利授予的范例，时间在1565年，被授予人为阿孔蒂乌斯。）在哥伦布发现美洲之前，已经有一个奖项被公布，只要他成功的话。但是，专利并不会永久持续，并且你只能在一个特定管辖区内提出一个主张。只有哥伦布的奖励会持续终生，并且由于他从没料到发现一块未知陆地（而是通向一块已知陆地的新航线），所以他从未主张命名权。另一方面，发现在时空上是没有限制的，它代表着一种新的不朽。不仅如此，在任何情况下，发现游戏的社会和技术先决条件都只是刚刚存在，因为承载哥伦布、卡尔达诺、第谷·布拉赫、伽利略等人的发现的消息的，是印刷机（发明于约1450年）。正是由于印刷机建立了一种共同的知识基础，这些发现才得以被衡量。

即使到了1610年，人们仍不知道从事这一新事业的最佳方式。培根认为他有答案，但他错了。实际上，他在何为好科学上判断力很糟糕，立即摒弃了哥白尼和吉尔伯特的工作。但是，判断力糟糕的并非培根一人（在第四章中，我们将考察一些早期科学家犯的一些错误）。这些错误往往很明显。伽利略穷其一生证明地球的运动，声称它是潮汐唯一可能的原因。他决心证明这种观点具有决定性，结果被宗教裁判所判定有罪。他的观点并没有解释事实，因为假如他是对的，高潮的出现应该在每天的同一时间，并且每天只应有一次。当时唯一信服它的人是巴蒂斯塔·巴利亚尼（Battista Baliani）。为了让伽利略的理论起作用，他不得不把地球放在了环绕月球的轨道上！然而，伽利略完全相信他的观点具有决定性。

在维萨里的解剖学和哥白尼的宇宙学著作（均出版于1543年）出版后的第一个世纪里，就如何最好地从事我们现在称之为科学的知识活动，一套价值观被慢慢地设计了出来。原创性、领先性、公布，以及我们或许称之为防弹的东西（换句话说，承受恶意批评的能力，尤其是针对事实的批评）开始被认为是成功的先决条件。其结果是，一种全新的知识文化产生了。它具有创新性、好斗性、竞争性，但与此同时痴迷于精确性。没有先验的根据让人认为，这是一个不错的过知识生活的方式。它不过是一种实用、有效的方式，如果你的目标是新知识的获得的话。

从一开始，发现、领先、原创就模糊不清并因而没有条理。此外，这些价值观又与公布前要一再检验的义务冲突。这种情况显然是恰当的。拿发现来说，它被认为是原创的最高形式。在德·特里亚纳、哥伦布、韦斯普奇、瓦尔德泽米勒中，究竟是谁发现了美洲？功劳归于哥伦布，因为是他的探险第一个到了那里，即使他从不知道他在哪儿。他虽然不明白他究竟做了什么，但他的发现太重要了。伽利略明白这一点，所以他匆忙通过出版商推出了《星际信使》。但是，同样是这个伽利略，却把落体加速度定律秘而不宣了三十多年，决心不确保胜利或死亡迫近就不公布。（哈里奥特和比克曼也发现了落体定律，但都到死也没有公布。）与之相似的是，哥白尼也一再推迟《天体运行论》的出版。在成为第一的雄心与不被相信、被视作古怪的傻瓜之间，一直存在着矛盾。

尽管导致了这样或那样的冲突和矛盾，但我们依然认为，正是有了发现思想，才使新科学及支撑它的一套新的知识价值观成为可能。如果你认真思考一下，就会认为这是一种简单、明显的真相，但科学史家却没有把握这一点。他们想坚持每种文化都有其科学，它们同样有效。发现事业并不比板球、垒球或足球普及，在前哥伦布的世界显得怪异，只能存在于鼓励竞争的社会。用皮埃尔·布尔迪厄（Pierre Bourdieu）的话说，它是唯一生产“超历史真理”的事业。

当然，直到进入18世纪很久，发现事业才大获全胜。旧思想太具有权威性了，尤其是因为它们以《圣经》叙事为基础，不会就那么无声无息地消失。在这里，最引人注目的是牛顿的情况。在做出了伟大发现并将其公布在《原理》中之后，他开始怀疑它们并不新，不过是再发现。摩西肯定已经知道了这一切吧？他计划出版第二版。在这一版中，他将证明，他书中被认为是新的一切其实是旧的。正如他的助手法蒂奥·德·度利尔（Fatio de Duillier）在1692年所写的那样："牛顿先生相信他发现了可靠证据（*avoir decouvert assez clairement*），可以证明，就基于引力的真正的世界体系而言，古人（如毕达哥拉斯、柏拉图等人）拥有他所给予的全部证明……"牛顿获得了一堆材料，打算确立这一离奇的论点。但是，在这点上，需要提出三点警示。首先，在牛顿撰写《原理》时，他尚不拥有这一理论，也没有寻求通过阅读古代资料来推进他的新物理学；其次，牛顿自己清楚对他的理论的抵制，其结果是在第二版于1713年面世时，它大体上受到了抑制；其三，就与他同时代的人而言，他的发现是崭新的。牛顿所谓的古人理解引力的理论是一种私下的反常行为，是对一种认识可能引发的自负所采取的有用抵御。这种认识是，他是古往今来最伟大的科学家。就他的这一理论而言，只有他最亲密的朋友准备严肃以对。那种认为不存在新知识的古老信念虽然曾经暂时浮出水面，结果却几乎无声无息地沉没在它认为不存在的那种大潮之下。

---

1. 不妨与乔达诺·达·比萨（Giordano da Pisa）对眼镜的发明的记述（撰写于1306年，使用的是拉丁语）做个比较。正如他在一次布道中听到的那样，"制作眼镜的技术被发现（si trovó）尚不足20年，可它能让一个人看清楚。这是世界知道的最佳的技术之一，也是最有用的技术之一，其被发现的时间却不长，是此前从不存在的一种新技术（arte novella che mai non fu）"。布道者说："我见到了第一个发现并使用它的人，和他进行了交谈。"很显然，乔达诺没有可以表达"发明""发现"意思的词，所以他只能依靠"此前从不存在的一种新技术"这一短语。于是，在评价布鲁内列斯基的透视绘画的发明时，菲拉雷特（Filarete，卒于约1469年，也是用意大利语写作）说："皮波·迪·瑟·布鲁内列斯基（Pippo di ser Brunelleschi）发现（inventò）了怎样绘制透视图像，在他之前还不曾有人知道怎样做……尽管古人聪明且灵巧，他们还不知晓透视。"单单"Inventare"自

身不足以传达那种发现某种此前从不为人所知的东西的意思。菲拉雷特也非常清楚，他的读者会认为所有发现其实都是再发现。于是，他专门表达了对那种观点的反对。

2. 关于发现概念在1486年是新概念的说法，14世纪的文件提供了一个测试用例（Verlinden，“Lanzarotto Malocello”，1958）。这些文件探讨了葡萄牙人首次赴加那利群岛的航行。“Predictarum insularum fuerunt prius nostri regnicole inventores”（“这些岛屿的首批发现者来自我们的王国”），1188；“avendo délie nos as yllas que trobou e nos gaanou que som no mar do Cabo Nom”（“已经从他那里接收了他发现并为我们赢得的岛屿”），1197。这里的“inventores”和“trobou”的意思似乎是发现。但是，querentes ad eas insulas, quas vulgo repertas dicimu（“动身前往那些我们通常称作‘已发现的’那些岛屿”），1191。这证明，“发现”的语言只是人们爱说的话（因为，毋庸置疑，你不能“发现”一个已有人居住的岛，因为它几乎不能被说成“失去的”）。此外，受过教育的人明白，“发现”这种东西是不存在的。实际上，古罗马人已经知道了加那利群岛。

3. Waldseemüller，The Cosmographiæ introductio（1907），88（译文纠正，可看xliv）。有一个有益的探讨，Brotton，A History of the World in Twelve Maps（2012），155—156。但是，布罗顿（Brotton）继续引用瓦尔德泽米勒的一个误译（来自Hessler，The Naming of America，2008），给人感觉瓦尔德泽米勒认为托勒密多少知道一些美洲的情况，因此暗示就连瓦尔德泽米勒也缺乏了一个得到全面发展的发现概念。就拉丁文本和可靠的译本而言，可看Waldseemüller，The Cosmographiæ introductio（1907），xxviii，68。也可看，举个例子，Grynaeus，Novus orbis regionum ac insularum veteribus incognitarum（1532）。不妨与哥伦布的看法做个比较。哥伦布坚持认为，他在他头两次航行中发现的“对古人来说非常了解；但对嫉妒和无知的人来说，则是未知的”（引自Washburn，“The Meaning of ‘Discovery’”，1962，12）。最迟到1535年，奥维多仍继续捍卫那种新世界的存在只是被遗忘了的说法：Bataillon，“L’ Idée de la découverte de l’Amérique”（1953），44；O’Gorman，The Invention of America（1961），16。在他们看来，新的并不是新世界，而是跨海航行。

4. 在强调发现的过程中，我为文艺复兴末期欧洲的文化价值观提供了一种解释。或者，某人可以强调“好奇”显然是一种欧洲价值观。但是，接下来，他就不得不解释对好奇（传统上被认为是一种恶）的新认可来自哪里。只是在17世纪晚期，好奇才开始获得认可（有一个较早的例子，Hobbes，Humane Nature，1650，112。在这里，好奇被界定为“对知识的爱好”）。因此，对好奇的认可将仿佛是科学革命的一种结果，而非一种原因。我相信，在把文艺复兴末期西方文明与其他文明区别开来的过程中，“发现”也是一种有用的范畴。关于对存在中国发现性航海的说法的批判，可见Finlay，“China, the West and World History”（2000）。

5. 当然，发明与发现同样重要。但是，重要的现代发明有赖于以前的科学发现。拿蒸汽机来说，它依赖的是玻意耳定律。第一批蒸汽机的设计者不知道潜热，但他们理解大气压力。正是因为如此，他们才超越了亚历山大里亚的希罗，认为蒸汽机不仅仅是一种玩具，而且是能够被利用的巨大力量。

6. “15世纪的葡萄牙探险航海已经揭示了一些群岛，拓展了欧洲对已经为人熟知的大陆的知识。古人做梦也没有想到世界还包含一些新大陆。这不仅揭示了时间上的裂隙，在空间上也是如此。与较早的游记相比，来自1492年之后几十年的一些著作展示了一种增强的新奇感和可能性，即事物究竟能够有多么新、多么不同。”（Daston & Park，Wonders and the Order of Nature，1998，147）也可参看：例如Humboldt，Examen critique（1836），Vol. I，viii–x。
7. 昆廷·斯金纳（Quentin Skinner）指出，“originality”（原创性）就是概念无疑先于词语的一个例子：Skinner，Visions of Politics（2002），Vol. I，159。
8. 从效果上看，在这方面及其他方面，利·罗伊的书是对维吉尔的答复。他的关键举动是避开了《圣经》，不把它当作来源。
9. 在古罗马，最近似的例外是维特鲁维斯的《建筑十书》中的第九书。在第九书中，在赞美伟大作家的过程中，维特鲁维斯描述了毕达哥拉斯定理、阿基米德原理的发现（正如我们会这样称呼它那样）。对后来的读者来说，这是示范性的发现记述。维吉尔肯定读过维特鲁维斯的书，但他没有参考它。
10. 作为一种结果，他们也拥有进步观念。可见Dodds，The Ancient Concept of Progress（1973）。
11. 很明显，古罗马人缺乏表达“创新”意思的词。路易斯（Lewis）和肖特（Short）编纂的词典给古典拉丁语词“instauratio”下的定义是“一种更换，更新，重复”，给古典语词“innovo”下的第一个定义是“更换”，给后古典语词“innovatio”下的定义是“更新”。这样的定义设想了一种循环历史观。于是，马可·奥勒留（Marcus Aurelius）写道：“永远记着……所有来自不朽的东西都一样，都在循环。无论它循环100年、200年或无休无止都没有关系，我们都将看到相同的景象。”（Aurelius，The Meditations，1968，Vol.I，31。）
12. 荷兰人只是个重要的例外。到17世纪末，联合省里的大学就在讲授笛卡儿哲学了。
13. 14世纪出现了一种把很多性质（例如热、冷、绿）当成量来思考的动向，并且为了辩论，这种动向还设想能够衡量被认为不能衡量的量（例如落体的加速）。常常有人辩称，这是科学革命的先驱。如果想看到相关警示文字，可看Murdoch，“Philosophy and the Enterprise of Science in the Later Middle Ages”（1974）。
14. 重要的是要明白，亚里士多德的观点之所以被认可，既是因为它们被认为是理性的，也是因为它们被认为是权威的。当亚里士多德的权威被摧毁时，自然哲学的权威思想也随之消失。举个例子，不妨看一下皮科洛米尼鼓起勇气与亚里士多德争执时，他的局促不安：Piccolomini，Della grandezza della terra et dell’acqua（1558），1r–2v。
15. 埃德蒙·奥梅拉（Edmund O’Meara）表示：“我真的对那些敢于和经验、一切科学和知识的发现者对抗的人的傲慢自大感到惊讶，除非我有充分的理由认为，他们中有很多人羞于、苦于承认与他们的牢固观念相矛盾的新东西，他们实在无法忍受后退一丝一毫，以免显得他们以前不正确。你可以看到，很多人都那么愚昧、盲目地崇敬希波克拉

底、盖伦、亚里士多德，以至于认为他们没有说的东西都是不必说的，他们不知道的东西都是不必知道的东西。”（Pathologia hæreditaria generalis，Dublin，1619，62—64；译文来自Lower，Richard Lower’s“Vindicatio”，1983，201—202。）

16. 不妨和皮耶尔·桂发尔（Pierre Guiffart）对帕斯卡尔在1647年做的真空实验的捍卫比较一下。他写道：“尽管M. 帕斯卡尔的经验对我们来说显得新，但它们看上去以前已经做过；一些古人从它们那里获得了基础，以坚持自然中可能存在真空的观点……”不然的话，他怀疑，伊壁鸠鲁和卢克莱修怎么能深信真空的存在呢？桂发尔有点儿保守。帕斯卡尔不会这样论证。最后，就连桂发尔也不得不承认，那些实验也许真的是史无前例的。（引自 Dear，Discipline and Experience，1995，191；关于帕斯卡尔的法语文本，Oeuvres，1923，9。）

17. 注意阿孔蒂乌斯交替使用“发明”和“发现”。我们通常区分发明与发现，但这种区分是慢慢确立的。如今，与我们对“发现”的使用相比，这种区分在我们对“发明”的使用中表现得甚至更为清晰。我们不能像约翰·雷于1691年所说的那样，说唾液管是“近期的发明”；但是，或许就像H. W. 哈葛德（H. W. Haggard）于1929年所做的那样，我们能够写“产钳的发现”。（两个例子都来自《牛津英语词典》，“invention”和 “discovery”。）

18. 可对照布兰德维尔（Blundeville）于1594年所说的话：“美洲，我们现在称之为西印度群岛。”（《牛津英语词典》s.v. “West Indies”）

19. 培根经常被认为说了“知识就是力量”这句话，并且被引用。实际上，他说的与这句话最接近的是“人的知识和力量结果相同”：Weeks，“Francis Bacon and the Art–Nature Distinction”（2007），123。

20. 关于“范例”，见“关于相对主义和相对主义者的注释”，第5条（585—586）。

21. 当发现淋巴系统的乳糜管时，加斯帕罗·阿塞利（Gasparo Aselli）真的喊出了“我找到了！”那是他在1622年对一条狗进行活体解剖时偶然发现的：Bertoloni Meli，“The Collaboration between Anatomists and Mathematicians in the Mid-seventeenth Century”（2008），670。

22. 严格地说，伽利略知道哈里奥特存在，因为他读过威廉·吉尔伯特的《磁铁论》。在那本书中，哈里奥特被顺便提及，并且被描绘为“非常有学问”。就在读过伽利略的《星际信使》后不久，他就设法制作了一架能够验证木星的卫星存在的望远镜。他可能是在7月份读了它，肯定在10月份观测了那些卫星。他无法更早地观测它们，因为木星当时离太阳太近（Roche，“Harriot，Galileo and Jupiter’s Satellites”，1982）。

23. 关于布拉赫的宇宙学，可见第193—194页。

24. 印刷革命是贯穿本书的一个主题。我们将在第5—8章和第17章中谈论这一主题。

25. 中世纪的大学不乏辩论，但那与真正的智力竞争相去甚远。人们期盼参与者能够代表某种情况的任意一方辩论，因此辩论仅为反诘技能的一种检验，而非达到真理的一种竞争。

26. 如此分明地区分公开知识和私下知识，也许会显得贬低了那些做出发现但从未公布的人们的成就。但是，正如我们将要看到的那样（例如，第198、303—304，331、340、348、358和424页），科学仅存在于有科学家群体的地方；正是由于这一群体内的竞争，才产生了进步。根据波普尔的三个世界提出这一观点是另外一种方式。波普尔区分了物理目标的世界、精神过程的世界和第三世界。第三世界也就是“问题、猜想、理论、观点、杂志和书籍”的世界。科学属于第三世界。（Popper，Objective Knowledge，1972，107。也可参见他较早的论述，Popper，The Logic of Scientific Discovery，1959，44—47。）

27. 当然，这些主张之所以被推进，往往是出于民族自豪感。也可见Wallis，“An Essay of Dr John Wallis”（1666），266；Anon，“An Advertisement Concerning the Invention of the Transfusion of Bloud”（1666），490。

28. 伽利略在《星际信使》（1610）的第一页提到了这些。在一张1339年的地图上，我们现在称作兰萨罗特岛的那个岛被标为兰萨罗特—马洛赛鲁斯岛。大约在1336年，兰萨罗特·马洛赛鲁斯（Lancelotto Malocello）就声称那个岛归他所有（Verlinden，“Lanzarotto Malocello”，1958）。把一个岛标为“兰萨罗特的岛”和把它命名为兰萨罗特并不完全相同，从一个向另一个过渡发生的时间尚不清楚，不过肯定是在1385年之后。就像兰萨罗特岛那样，列支敦士登也是以其主人的名字命名的。但是，这仅发生在1719年。

29. 有12种元素是以人名命名的，以人名命名的恒星、彗星和小行星就更多了，但是没有以人名命名的行星或行星的卫星。赫舍尔（Herschel）想以乔治三世王的名字命名天王星；勒·韦里耶（Le Verrier）想以赫舍尔的名字命名天王星，以他自己的名字命名海王星（Hoskin，“The Discovery of Uranus”，1995，175；Morando，“The Golden Age of Celetial Mechanics”，1995，218，220）。但是，以诸神的名字命名行星（现在又加上了行星的卫星）的传统保留了下来，至少在太阳系中是这样。

30. 以人名命名法对于我们来说已经司空见惯，但在美洲的发现之前却并非常态。在这方面，我们所谓的多明我和方济各修会给我们提供了一个简单的例子。它们分别成立于1216年和1221年，正规的名称分别是传道士会、方济及小兄弟会，很久之后才被非正式地重新命名，“Dominicanus”只能追溯到1509年（在英语中为1534年），“Franciscanus”则为1515年（在英语中又为1534年）。“Dominicanus”和“Franciscanus”出自，Latham（编辑），Dictionary of Medieval Latin from British Sources（1975）；“Dominican”和“Franciscan”出自Erasmus，Ye Dyaloge Called Funus（1534）。（《牛津英语词典》给出的“Dominican”的时间是1632年。）

31. 我搜遍了巴托兰等人所著《解剖学教程》（Institutiones anatomicae），寻找以人名命名的身体部分，但没有找到。发现者被一丝不苟地记录了下来，但他们的发现依然没有以他们的名字被命名。

32. 这种思想远早于对著作权的合法主张，后者直到1710年才在英国法律中出现，后来在别的地方也确立起来。出版商可以主张在一个特定管辖区内出版文本的权利；就其本

身而言，作者根本不具有法律权利：Kastan，Shakespeare and the Book （2001），23—26。

33. 在中世纪，“作者”一词首先意味着“权威”。在一个人们把自己视为站在巨人（亦即古人）肩膀上的侏儒的时代，没有什么“现代”作家能够在不害臊的情况下被称为作者（Minnis，Medieval Theory of Authorship，1988，12）。即使是在17世纪，莎士比亚也只是在其死后被称作“作者”，见Kastan，Shakespeare and the Book （2001），69—71。福柯对作者功能的著名探讨当然与此紧密相关：“Qu’est-ce qu’un auteur?”（1969），in Foucault，Dits et écrits （2001），Vol.I，817—849。

34. 我相信，李约瑟的巨著《中国的科学和文明》（Science and Civilization in China）证明了中国的技术在中世纪优于欧洲，但没有证明中国拥有一种与欧洲的自然科学概念对应的智力进取心。

35. 当然，在这里，我必须承认，罗德岛的欧德摩斯（Eudemus，约前370—前300年）著作中有一个经典先例：Zhmud，The Origin of the History of Science （2006）。

36. “Declination”在这里意味着东西向的变化，“inclination”意味着地平线上下的变化，我把“variation”用作表示二者的一个全称名词，再区别它们是把第一个称作“variation”，把第二个称作“dip”。我避免使用“declination”。在我看来，它太容易和“dip”混淆了。

第四章　行星地球

一个绝对无足轻重的、小小的蓝绿星球。

——道格拉斯·亚当斯（Douglas Adams），

《银河系搭车客指南》

（*The Hitchhiker's Guide to the Galaxy*，1979）

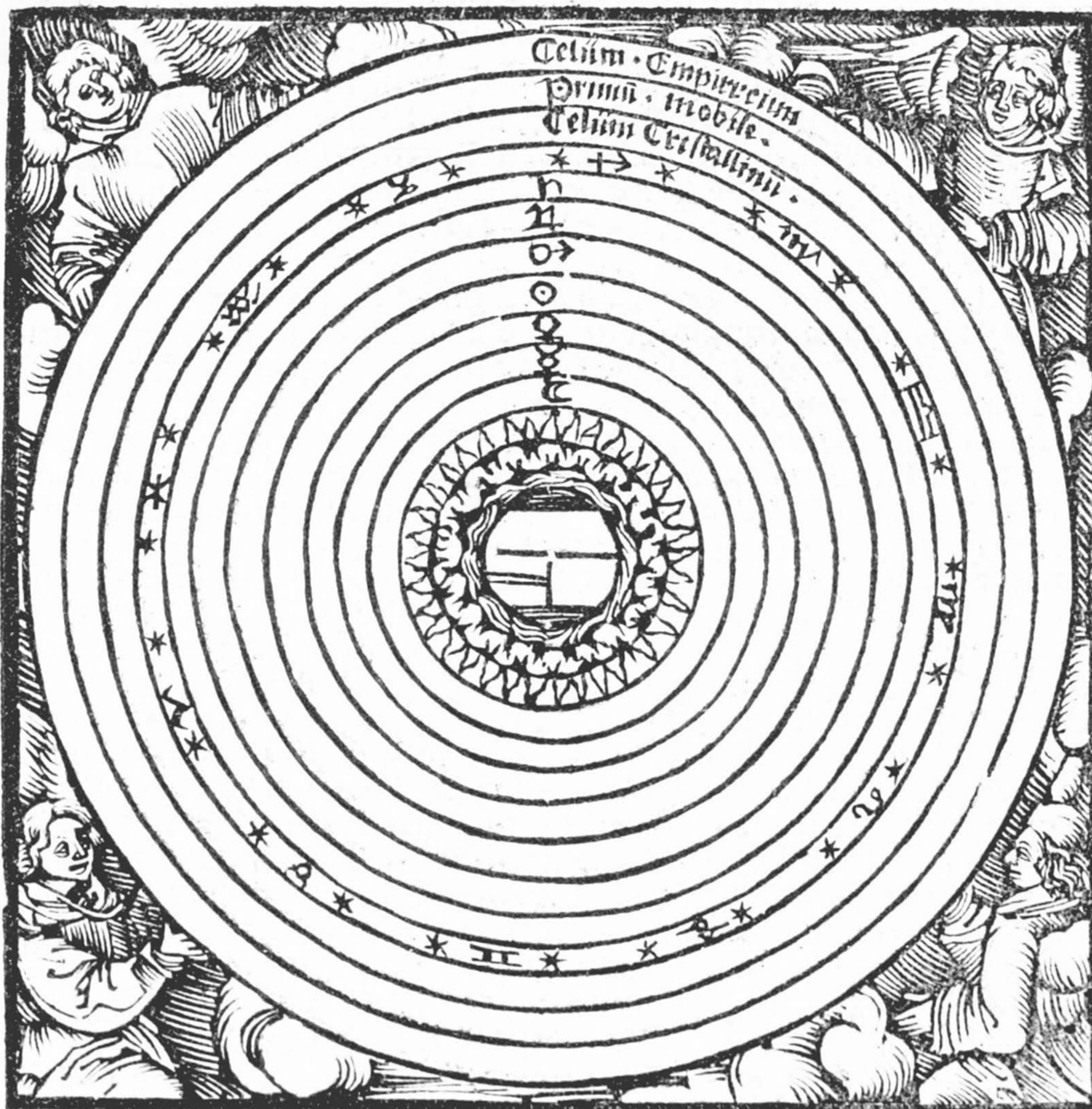
1460年以来，发现性航海给地理知识带来了令人吃惊的变化。在15世纪上半叶，已知世界差不多和基督时代受过教育的古罗马人所知的世界一样。到了16世纪伊始，各项证据表明，存在一些古希腊人和古罗马人不知道的人口稠密的地区。传统观点认为，靠近赤道的陆地肯定不适合人类居住。事实证明，这是胡言乱语。这种已知世界的扩大被绘图员详尽地记录了下来，并且引发了经验对哲学理论的第一次伟大胜利。

然而，本章的主题并不因此就是发现性航海。在哥伦布发现美洲之后，一场无声的革命接踵而至，即我们现在所谓的"水陆球体"的发明。这场革命发生在短短数年间，且没有（或几乎没有）遭遇抵制。它影响深远，但在标准的历史文献中却无影无踪。托马斯·库恩曾经写道：

如果一位历史学家阅读一份过时的科学文本，那么他一般会碰到几段没有意义的文字……他通常会无视这样的段落，或将其当作错误、无知或迷信的产物而加以摒弃，并且这种回应有时候是恰当的。对令人烦恼的段落进行共鸣性的思考则会产生不同的判断。显而易见的文本异常是人为现象，是误读的产物。

我研究的对象是整整一图书馆的文本。乍看之下，它们没有意义。在库恩的激励下，科学史家开始寻找这样的文本，以此证明他们的专业技能——让明显胡说八道的东西变得有意义的能力。虽然他们迄今为止已经干了50年，但这些特殊的文本却几乎完全被忽视。为什么？因为它们指向了某种被认为不存在的东西，即一场无声的革命。按照库恩的观点，革命总是带来争论或冲突；既然基本没有争论，那么就太容易假定，不可能发生过革命。另一方面，正是这一异常现象给这些文本创造了完美的空间，来开启一种新的、后库恩的科学史。

“地”是什么形状的？这一问题的答案似乎显而易见。所有人都知道地是圆的吗？19世纪，曾有人郑重其事地宣称，与哥伦布同时代的人认为世界是平的，并期待他航行到世界边缘。这种说法显然是胡说八道。不过话又说回来，虽然每个人（或至少是每个受过适当教育的人）认为你原则上能够环绕世界航行（1519—1522年，麦哲伦就这么做了），但这并不意味着他们认为它是圆的。奇怪的是，哥伦布认为托勒密所知的旧世界是一个理想球体的一半，但新世界的形状却像一个梨子的上半部分，或者像一个乳房。他觉得，在驶离亚速尔群岛之后，他在爬坡航行。这个半球的梗或乳头是人间乐园的所在。“地”（或者倒不如说是地和水的团块）是一个鼓起的包。



构成宇宙的同心球体，取自约达克斯·特鲁夫特（Jodocus Trutfetter），《自然哲学教程》［*A Textbook of Natural Philosophy*（*Summa in tota*［*m*］*physicen*）］，1514年。月下区里有四个不同的球体，分别是地、水、气和火。在它们之外是行星，其中包括太阳和月亮。固定恒星的黄道带是最外面的可见球体，它之外有个不可见的球体。

在中世纪，地和水的团块不是完美球形这一观点被普遍接受。新的宇宙学需要推翻这一观点。注274按照亚里士多德的观点，宇宙被分为月上区和月下区。在月上区，万物亘古如斯，运动永远是圆周运动。在月下区，地、水、气、火四元素被发现，它们构成了我们一切

对物质的日常经验。这些元素围绕着一个共同中心，自然地将自身排列成了同心圆，地被水环绕，水被气环绕，气被火环绕。然而，这一排列并不完美，因为干燥的陆地从水中显现，并且四元素在陆地上相互作用。正是这些元素的相互作用，才让生灵成为可能。没有这种相互作用，宇宙将万物不生。

亚里士多德的描述给穆斯林和基督教哲学家提出了这样一个问题：四元素为什么没有形成完美的同心圆？他们的异教徒前辈不曾为此心神不宁。他们之所以抓住这一点，部分是因为它能够让他们给哲学引入一个亚里士多德或托勒密不知道的造物主，也就是上帝。根据《创世记》（*Genesis*）的描述，在创世的第三天，上帝把水聚在了一起，以便创造干燥的陆地。干燥陆地的存在是个奇迹！这是一个多么简单的答案啊！由于海洋里的水比陆地还高（按照通常的说法，比最高的山还高。要不然的话，你就不会发现水从靠近山峰的地面喷出来），注那么就很容易得出结论，海洋受到了神意的抑制，不能像挪亚的大洪水那样淹没陆地。尽管在普林尼的《自然史》中可以找到相似的东西，但哲学家们发现这样一个答案无法令人满意。于是，他们就开始寻找一种自然解释。如果最初的分开需要神的干预，那么人们应该怎样描述大洪水以来的地和水的关系呢？

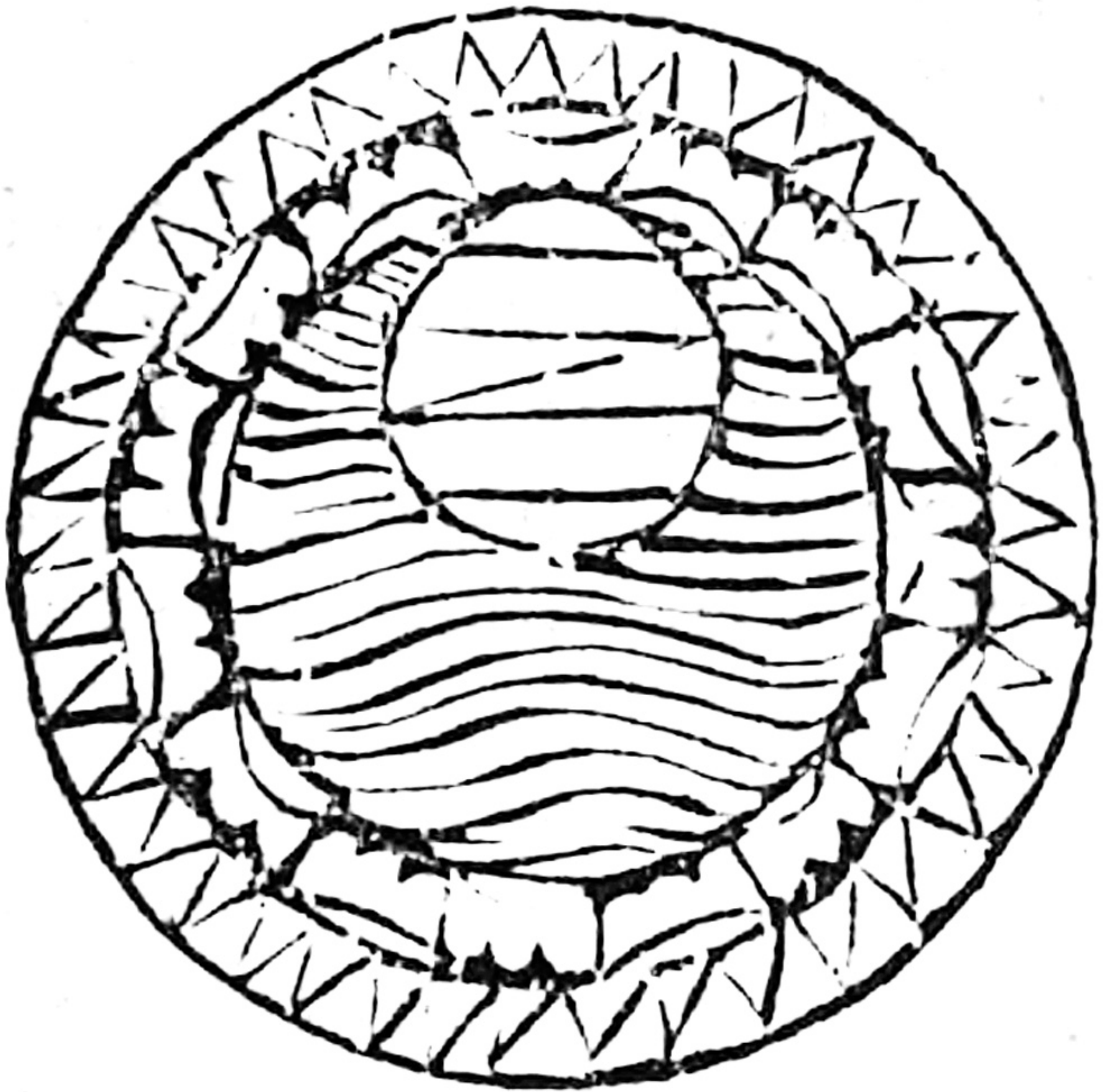
问题简单，可能的答案的范围有限。在250年的一段时间内，所有可能性都受到了考察。

1.水已经被从它原来的位置移走，它的球体现在拥有一个不同于宇宙中心的中心。这一观点暗示，当船只在海洋上航行时，它们在爬坡航行（当我们使用“高海”这样的词时，仍然承认这一传统观点）。萨克洛波斯克（约1195—约1256）持这种观点。他撰写了中世纪和文艺复兴时期大学使用的标准天文学教材。在他之后，布鲁内托·拉蒂尼（Brunetto Latini，1220—1294）、雷斯托罗·德雷佐（Ristoro d’Arezzo，著述于1282年）、布尔戈斯的保罗（Paul of Burgos，1351

—1435）、普罗斯多西莫·迪·贝尔多曼迪（Prosdocimo di Beldomandi，卒于1428年）也持这种观点。1320年，但丁把这当成了标准观点［当然，他的文本《关于水和地的问题》（*Quaestio de aqua et terra*）直到1508年才首次出版，此前一直不为人知］。

2.地（由于和水球体截然不同）再也不是球体，而是一个肿瘤或肿块生长的结果。它需要一个拉长的、不规则的形状，于是它的引力中心（如果被悬起来时，它会一动不动地环绕着垂下的那个点）和宇宙的中心对应，但它的几何中心却非如此。那个肿瘤就是让干燥的陆地成为可能的东西。这是罗马的吉尔斯（Giles of Rome，1243—1316）的观点。根据他的计算，地的直径肯定被拉长到了它原来长度的近两倍。这也是但丁的观点。问题是，这意味着抛弃那种宇宙是用层层相套的球体造成的观点。这要付出高昂的代价，也几乎没有人愿意加以考虑。

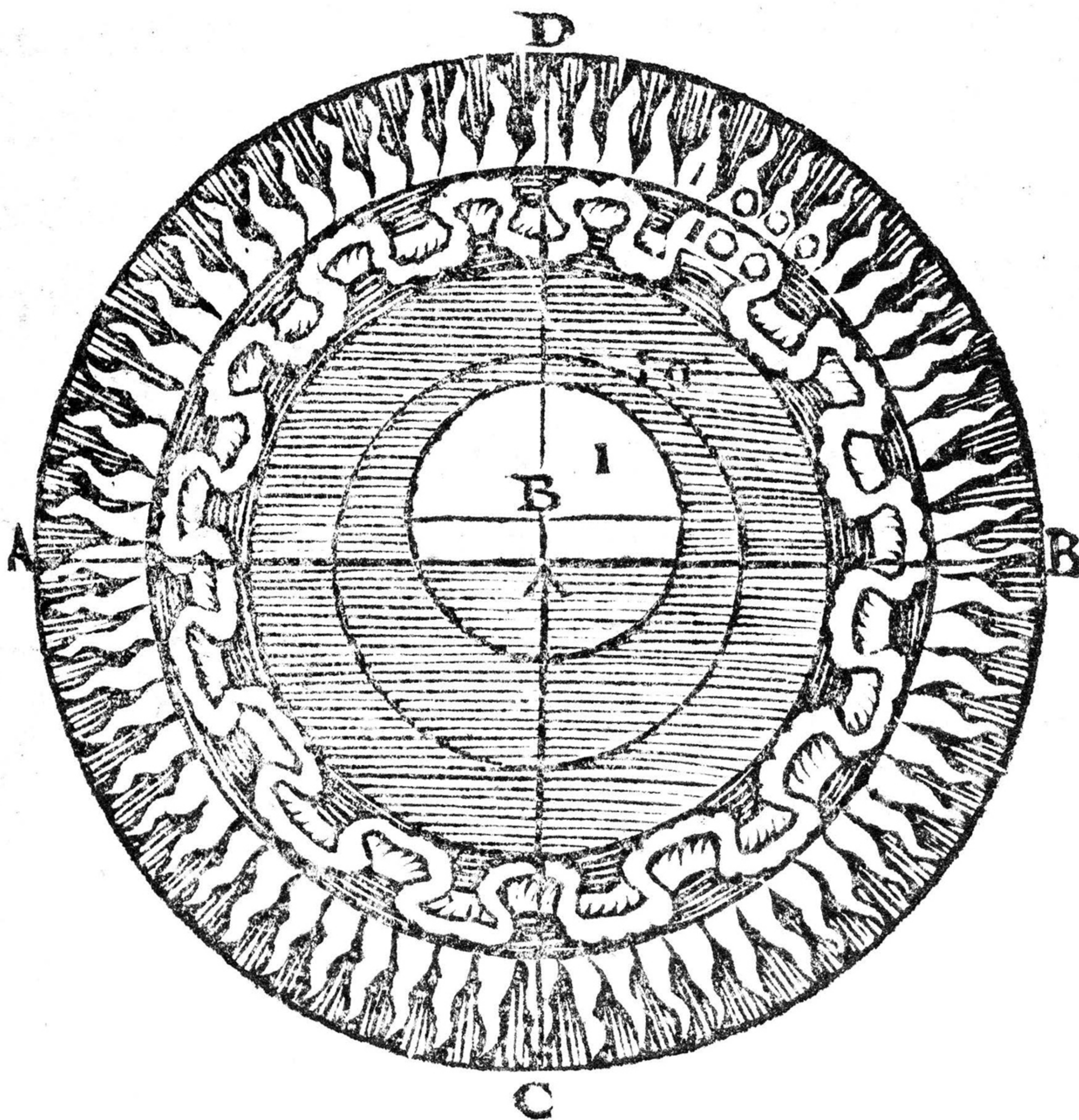
3.如果可以辩称地可能不是一个真正的球体，那么同样，水可能也不是。一些人认为，水不是真正的球形，而是椭圆形。其结果是，两极的海洋应该更深。弗朗西斯科·迪·曼弗雷多尼亚（Francesco di Manfredonia，时间约为1490年）坚持这种观点，认为它可以部分解释干燥陆地的出现。正如弗朗西斯科肯定意识到的那样，这一观点的弱点是，如果水是卵形的，那么赤道上应该有一个干燥陆地带，别处都没有。其结果是，正如他被迫承认的那样，这种观点就其自身而言是不充分的。



地、水、气、火球体，取自萨克洛波斯克的《球体》（*Sphaera mundi: Joannis de Sacro Busto sphæricum opusculum*），威尼斯，1501年。地就像水桶里的苹果那样漂浮着。地轴方向不是南北向，而当时认定的世界中心耶路撒冷位于顶端。

4.地仍然是个球体，但它再也不位于宇宙的中心了。这是罗博图斯·安格力卡斯（Robertus Anglicus，1271）的观点，但他注定支持者寥寥，因为地的适当位置是宇宙的中心。然而，这一难点只会激发哲学家更加绞尽脑汁地思考。他们辩称，假设地是个球体，但其构成不是同质的，太阳的行动已经使干燥的陆地没有它原来的密度大，移动

了整个团块的引力中心。于是，地的引力中心依然与宇宙中心重合，但其几何中心不重合。另一方面，水依然被对称安排在宇宙的中心左右。这是14世纪巴黎哲学家们的观点，是让约翰（John of Jandun，1286—1328）、让·布里丹（Jean Buridan，约1300—1358）、尼古拉斯·博内特（Nicholas Bonet，卒于1360年）、尼古拉斯·奥雷姆（Nicholas Oresme，约1320—1382）和萨克森的阿尔伯特（Albert of Saxony，约1320—1390）的观点。它保留了层层相套的体系，具有让水流下山坡的巨大优势（这在上面的第一项里是没有的）。作为这一观点的修正，人们可以辩称，宇宙的中心对应着地和水两个球体的集合的引力中心。这是皮埃尔·德阿伊（Pierre d’Ailly，1351—1420）的观点，尽管他已经读了托勒密的《地理学》（*Geography*）。大约在1400年前后，《地理学》开始在拉丁语系的西方流传。到1475年，经过了一两种变化，这成了标准的信条。

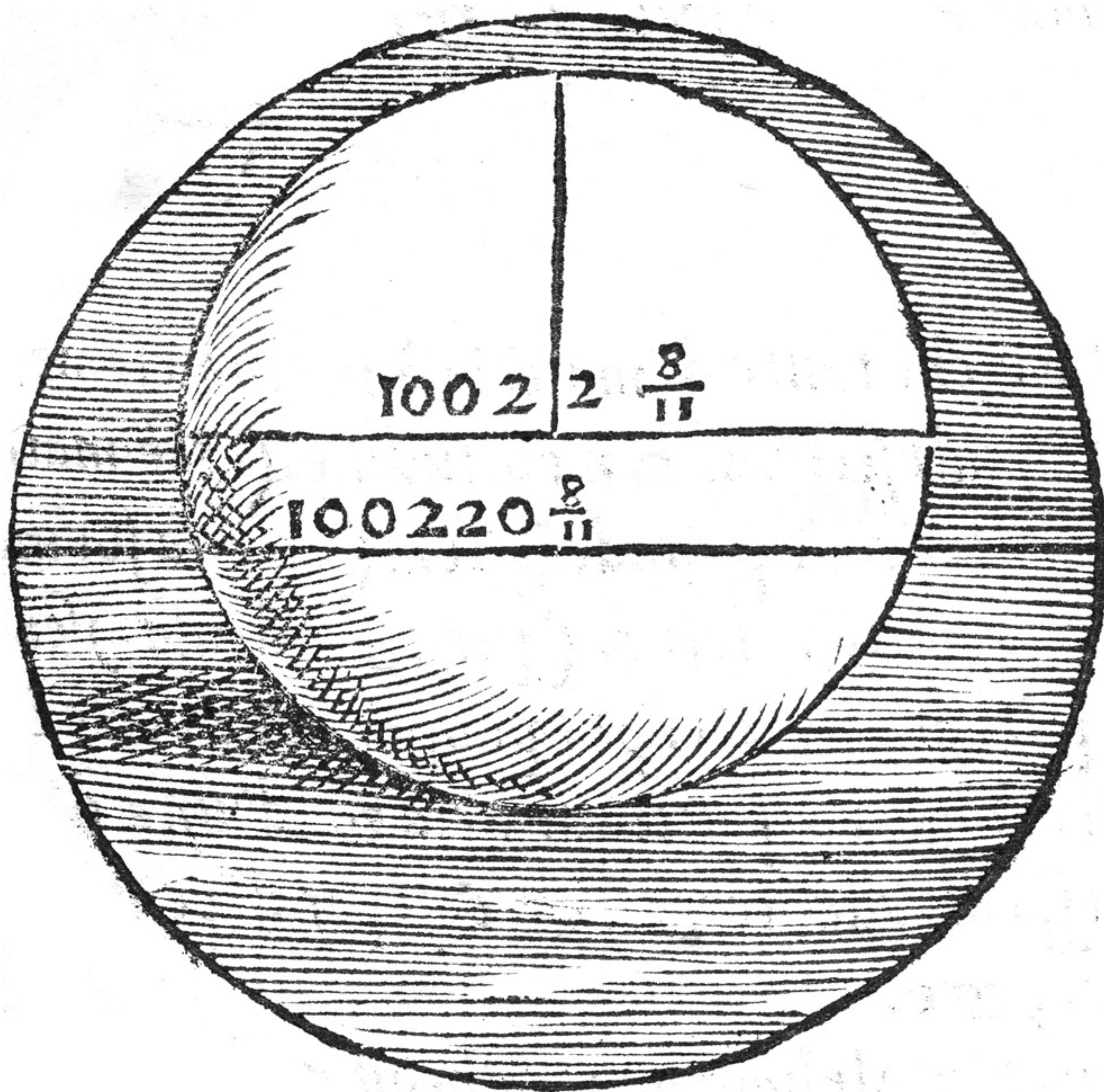


不同的水（中心在A上）和地（中心在B上）的球体，取自萨克洛波斯克的《球体》（*Sphera volgare novamente tradotta*），威尼斯，1537年。两个球体被标注成拥有10:1的相对体积。但是，正如哥白尼所证明的那样，假如真是如此，陆地的球体就不会与水球体的中心重叠。在这里，这个中心被当作了宇宙中心。

作为标准，这四种观点都认为，水球体理应比地球体大得多。1200—1500年的传统观点是，水球体比地球体要大10倍。这是因为，这种观点认为每种元素的量都一样，但一定量的水的体积是同量的地的体积的10倍，气是水的10倍，火是气的10倍。球体的相对大小和它

们的相对位移幅度决定了干燥陆地区的大小。人们普遍认为，它大约是水陆球体的1/4。第一种观点假定已知世界是一切为人所知的东西，第二种观点暗示尚有未被发现的陆地。人们通常认为它处在南半球，并且有时候认为它上面有人。

人们普遍认为，如果地和水的关系发生了变化，那么它可能的原因范围是有限的。要么是上帝直接出手，聚集、集中了水，为的是给干燥陆地腾出空间；要么是太阳作用于地，把它晒干；要么是恒星采取行动，把水拖离原位置，或把地拖离原位置。



地和水的相对和绝对体积，同样取自《球体》，1537年。哥白尼可能会抱怨，实际上绘制两个球体所采用的比例不同。

但是，我们来看第五种观点。它认为，彼此分离的地和水的球体是不存在的，水没有地多，海洋存在于地的凹陷处，于是地和水构成了一个单一、集合的球体。这是现代观念（尽管我们肯定再也不认为“地”是四元素之一）。罗伯特·格罗斯泰特（Robert Grosseteste，约1175—1253）、安达洛·迪·纳格罗（Andalòdi Negro，1260—1334）、泰莫·约达艾（Themo Judaei，14世纪中期）和英格翰的马西利乌斯（Marsilius of Inghen，1340—1396）持这种观点。在这四个人中，罗伯特·格罗斯泰特和英格翰的马西利乌斯的看法出版了，文艺复兴时期的读者能够读到（当然，马西利乌斯的著作被哲学家读了，而非被天文学家读了）。但是，关于这种观点的存在的信息将合乎情理地在整个15世纪传播，因为他人描述了它。当然，他人之所以描述它，只是为了否定它。它暗示，陆地有可能（实际上也应该）分散在地球的整个表面。罗杰·培根支持这种观点，他可能受到了格罗斯泰特的影响。《约翰·曼德维尔爵士游记》（*The Travels of Sir John Mandeville*，约1360）的作者也支持这种观点。在所有这些观点中，这是唯一能够直接与对跖地的存在（就是说，地球上的陆块直接彼此相对）兼容的观点。

必须强调的是，最后一个观点在15世纪未获支持。1475年（托勒密的《地理学》首次出版的那一年；当然，首次拉丁语手稿翻译是在1406年），对天文学家和地理学家来说，他们一般要么选择被推离宇宙中心的水球体的描述，要么选择被推离宇宙中心（但依然与它重叠）的地元素球体的描述。要想支持哥伦布的航海，你不必认为这些理论是错的；你只需承认，无论如何，与环航非洲或走陆地路线相比，向西航行可能是一条更快捷的路线。然而，在发现新大陆后，格罗斯泰特过时的观点再次受到了哲学家的尊重。

于是，在1475年，人们普遍同意，地和水两个球体的中心再也不确定了。实际上，关于另外三个中心，当时存在一个谜题。宇宙的几何中心在哪儿？它与两个球体之一的中心对应吗？如果对应，和哪个对应？如果地不是同质的，那么它的引力中心在哪儿？最后，地和水的结合球体的引力中心在哪儿？亚里士多德的宇宙有一个中心，但就界定宇宙的中心而言，此时可能有五种不同的方式。

2

中世纪晚期和文艺复兴时期的学生是通过研习约翰尼斯·德·萨克洛波斯克（Johannes de Sacrobosco）的《球体》（约1220）来学习天文学的。他在巴黎授课，但也许曾经是英国人［如果是这样，那么他的名字大概原来是霍利伍德的约翰（John of Holywood）］。他的教科书首次出版于1472年，共出版了200多版。此外，还有无数的注释者寻求详细解释文本，始于迈克尔·司各特（Michael Scot，约1230），其中包括詹巴蒂斯塔·卡普阿诺·达·曼弗雷多尼亚（Giambattista Capuano da Manfredonia，约1475），注随着克里斯托弗·克拉维于斯（Christoph Clavius，1570）达到高潮。克拉维于斯是16世纪末一流的耶稣会天文学家。当伽利略在帕多瓦大学担任教授（1592—1610）时，《球体》依然是标准教程，伽利略授课使用的就是它。供学生使用的最后一版出版于1633年，顺便标志着作为一种活的传统的托勒密天文学的覆灭。按照全球由两个非中心球体（一为地一为水）构成的观点，遵循托勒密的《天文学大成》（*Almagest*，拉丁语西方早在12世纪就接触到了这部著作）的范式，萨克洛波斯克分别证明了地球的表面是弯曲的（他证明，对南—北向或东—西向旅行的人来说，怎样才能使这一点显而易见），水的表面也是弯曲的。（这很明显，因为船只桅杆顶端的瞭望员可以比站在甲板上的某个人望得远。）现代阐释者推定萨克洛波斯克已经证明了地球是圆的，但他根本没有那么做，中世纪的阐释者也没有声称萨克洛波斯克做过，因为无论是他还是他们，都不认为那两个球体拥有一个共同中心。

现在应该显而易见的是，当中世纪哲学家谈论“地”时，他们通常是指地元素的球体。这一球体处在露出海洋的地方，由干燥的陆地构成。这一球体漂浮在一个海洋的海洋上，其自身是个更大的球体。然而，“地”这个词本来就模糊不清。举个例子，我们发现，沃林福德的约翰（John of Wallingford，卒于1258）用两个句子区分了“地”的三种意思，分别是意为干燥陆地的地，意为地元素、其中心是宇宙中心的地，意为地和水聚集而成的球体的地。对任何接受占主导地位的两球体理论的人来说，第三种用法［可以追溯到西塞罗的《西皮奥的梦》（*Dream of Scipio*）］都是非哲学的。它太非哲学了，以至于在中世纪晚期或文艺复兴早期，除了彼得拉克（Petrarch）这样的拉丁化人文主义者，很难找到这种含义的“*terra*”（地）被使用的例子。1400年前后，出于各种意图和目的，地/水的集合被认为是一个单一球体的观念消失了。即使是在1400年以前，它也从来不是一个主导观点。地/水团块再也不圆了。

所有这些中世纪末期的探讨都是在一种地理知识的背景下进行的。这种知识和古人的知识一致。没有人认为地是平的（它由一个球体的一部分构成），但宜居的地可以被相当精确地呈现在一个平面上。这个宜居的地有一个中心，该中心通常被认为是耶路撒冷。然而，还有另外一个中心。如果从西向东量，从幸运群岛（加那利群岛）向赫拉克勒斯之柱（标志着旅行的极限）量，就会存在一个位于赤道上的理论性地点。这个地点被称作阿里姆或阿林，被认为在巴格达以东10°。对阿拉伯人来说，以及对依赖阿拉伯资源的天文学家来说，阿里姆代表着经线和纬线的零度。人们普遍接受，干燥的陆地局限于一个半球上，剩下的被海洋覆盖着。在干燥的陆地上，最北、最南的部分不适合人类居住，因为它们太冷或太热，所以地的宜居部分大约是整个干燥陆地的一半，地和水的整个集合的表面的1/6。

正如但丁在1320年指出的那样，这里有一个明显的问题，因为哲学家们的观点和地理学家的地图对不上。如果哲学家是对的，宜居的

地是漂浮在另一个更大的水球体表面之上的球体，那么地图应该显示宜居的地是一个圆。实际上，地图显示的它的形状像一件摊在地面上的斗篷。但是，已知世界被称作“*orbis terrarum*”（由陆地组成的圆），仿佛它拥有必需的形式。但丁和哲学家们不一样，他很重视地理学。但是，没有哪个哲学家发现，他放弃了宇宙由一些正圆球体构成这一基本原则。

亚里士多德理想化的同心球体方案在每条轴线上都对称，但中世纪对它的加工（上文提到的第五种观点是个例外）是每个球体都只绕着一条轴线对称。此外，这条轴线不是贯穿两极的南—北轴线，而是一条贯穿耶路撒冷和宇宙几何中心的轴线。假如中世纪末期的哲学家试图想象（当然，很少有人这么做）一个在空间中绕着一条南—北轴线旋转的地球，那么他们中有很多人就会确信，地球（要么地球体，要么水球体）的引力中心不在那条南—北轴线上，这样一个旋转的球体将会有一种自然的摇摆倾向。巴黎的哲学家们是例外。他们认为地和水的引力中心都仍然和宇宙中心重合。在中世纪重要的哲学家中，唯一严肃对待地在昼间旋转理论的就是一个巴黎人，即尼古拉斯·奥雷姆（1320—1382）。这完全合乎逻辑。至关重要的是，虽然奥雷姆也像其他哲学家那样，接受存在地和水且各有几何中心的两个球体，但与他们不同，他不接受水球体自身比地球体大。他宣称，如果两个球体拥有同一个中心，水将不可避免地覆盖地的整个表面，也许只有一些山顶除外。他把水球体描述得像个斗篷或风帽，覆盖着地。其结果是，正如他的《天地书》（*Livre du ciel et du monde*，1377）中的插图所显示的那样，实际上作为一个单一球体的地球是能够绕着它的轴线旋转的（但是，由于它被水球体包裹着，无法拥有对跖地）。[注]正如实际情况那样，奥雷姆的文字从来没出版，并且由于是用法语写的而无法广泛流传。

就这样，几乎所有哲学家、天文学家和制图员接受两球体的世界理论（尽管存在众所周知的呈现困难）。这种情况一直持续到了15世

纪末，并且托勒密的《地理学》的再发现没费多大困难就被整合进了这种理论。葡萄牙探险家于1474/1475年抵达了赤道（当你抵达了赤道，你不难分辨，北极星从视野中消失了），发现了一个新天空和一些新星，但他们没有发现不宜居区。这只需稍微反思一下即可，但他们几乎没有多想。托勒密的确在《地理学》（与《天文学大成》不同）中把地和水当成了一个单一球体，并且显然这肯定会引发人们的兴趣。在托勒密的《地理学》被翻译后，有记录显示，在1443年，“根据托勒密的描述”，有人制作了一个陆地球体。哥伦布读过托勒密的著作，相信地和水构成了一个球体。他制作了一个小球体，来阐释他计划的航行。与此同时，他选择拒绝托勒密对宜居世界范围的描述，更愿意接受提尔的马里纳斯（Marinus of Tyre，约100—150）。马里纳斯主张，宜居世界超过全球的一半。这一观点很难和两球体理论协调一致。但是，皮埃尔·德阿伊在《地理学》中的两球体理论尚未发生全面危机。被斐迪南和伊莎贝拉传唤向哥伦布的计划提建议的地理学家毫不犹豫，立即否定了哥伦布的计划。

那一危机随着哥伦布于1492年的登陆开始。1493年，彼得·马蒂尔（Peter Martyr）把哥伦布描述为从“西对跖地”返回。1503年，在瓦伦廷·费尔南德斯（Valentim Fernandes）起草的一份公证书里，佩德罗·阿尔瓦雷斯·卡布拉尔（PedroÁlvares Cabral）于1500年对巴西的发现被描述为对“对跖地陆地”的发现。（他是对的，巴西是古人所知的世界东端的对跖地。）但是，决定性的事件却是韦斯普奇所写（或被认为所写）的第一封信于1503年的出版。这封信名为“新世界”（*Mundus novus*），在短短4年时间内出版了29版。（韦斯普奇的第二封信则给欧洲读者引入了“发现”一词。他的第一封信已经摧毁了中世纪宇宙学。）韦斯普奇声称，他碰到了一个辽阔的陆块，这一陆块不属于此前已知世界，他已经发现了一个新世界。不仅如此，虽然从其出发地算起，这个陆块仅位于环球里程的1/4处，但从已知世界的其他部分算起，它则位于半路。韦斯普奇已经越过赤道向南航行了50°，这并不正

好是两球体理论的一些拥护者设想的赤道对跖地。对跖地已经成了现实，再也没有办法把地球的陆块塞进一个半球了。

关于这些对跖地，令人不安的不是它们暗示与其他人相比，一些人是“上下颠倒的”（你必须相当不谙世事，才会觉得这一思想不好理解），而是两球体理论只有在极限情况下才有可能符合对跖地情况，即沿着南、北半球的边界，并且只有在水球体收缩以使其直径几乎和地球体的直径一样的情况下。韦斯普奇的主张要求对假定的水、地元素之间的关系进行重大的再思考。只有到了这时候，才有可能认为地球体和海洋球体都是圆的，干燥陆地的区域（已知世界，宜居世界）才会像《圣经》所主张的那样，有四个角。用约翰·邓恩的话说，现在这些角成了“圆的地的想象的角”。



来自托勒密《地理学》的世界地图，于1490年在罗马出版。相同的圆盘此前曾经被用于较早的两版中（博洛尼亚，1477；罗马，1478），结果他们成了《地理学》最早的印刷插图。



克拉维于斯的描绘，见于他对萨克洛波斯克的注释（1570年，但这里采用的是1581年的修订版）。他注释的是水和地之间的关系的标准描述，但他否定了这种理论。那两个点标志着两个几何中心，一个是水球体（下面）的，一个是地球体（上面）的。由于关于究竟有一个地/水球体还是有两个球体的探讨和关于是否存在对跖地（它在两球体模式中无法存在，也许在一个简单的范围内除外。在这个范围里，如果两个球体大小相似，那么它们就会相遇）的探讨密不可分，克拉维于斯的插图也包括了（不存在的）对跖地，不过它们在水下。鉴于知道了对跖地的存在，这种传统模式必然是错的。

真正开始理解这一点的最初两个人分别是马丁·瓦尔德泽米勒和马蒂亚斯·林曼（Matthias Ringmann），当时他们正在就他们于1507年绘制的世界地图和与之相伴的《宇宙学介绍》（*Introduction to Cosmography*）开展工作。[注]他们绞尽脑汁地思考韦斯普奇的主张的意蕴，需要一种指称我们所谓的地球或世界（由陆地和海洋构成的单一球体）的方式。他们把它称作“*omnem terrae ambitum*”，即地球的整个圆周。他们解释说，托勒密只知道地球的1/4。

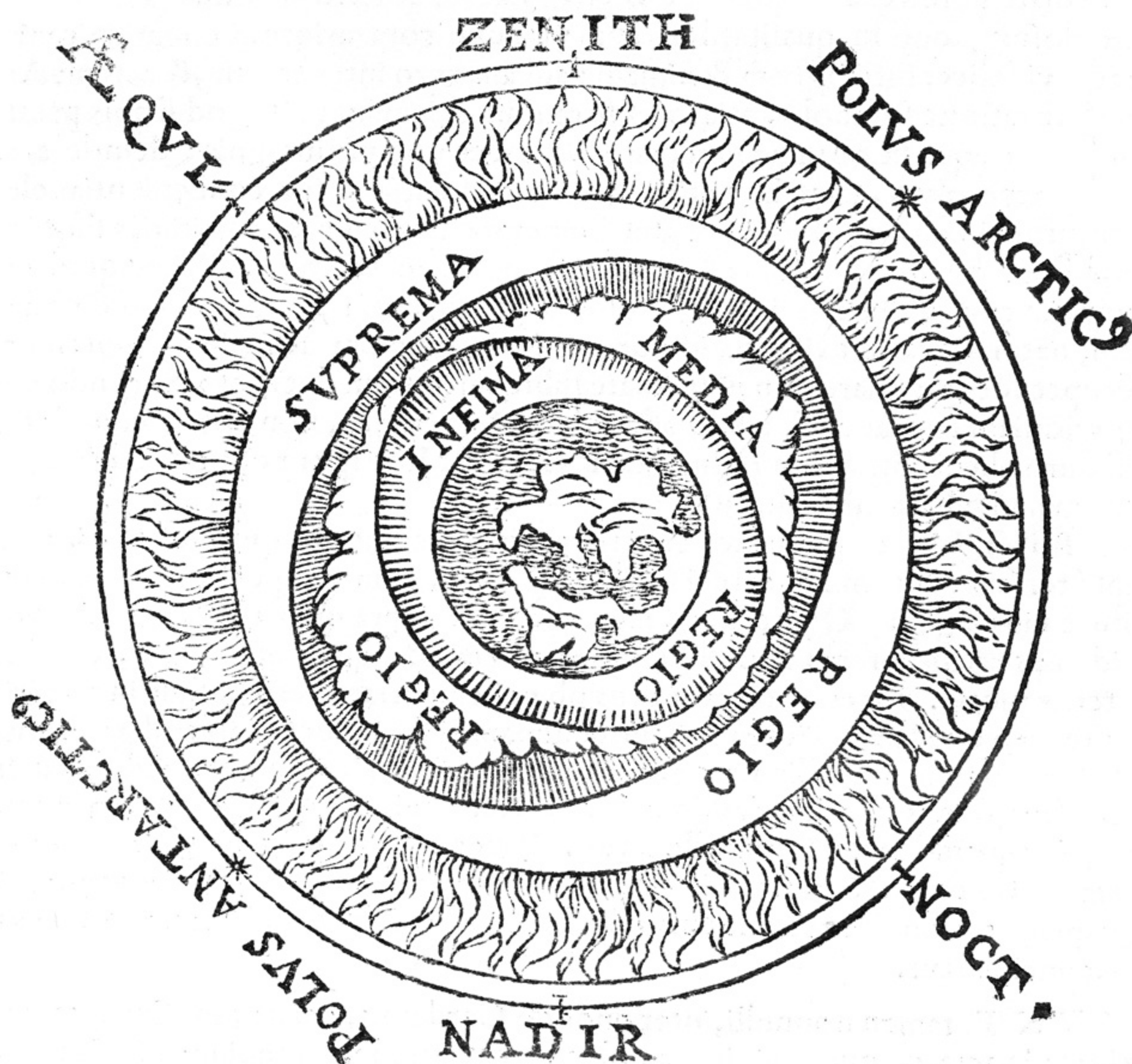
其他早期世界地图将自身呈现为“*orbis terrarum*”的插图。在古典拉丁语中，就这个短语的来源而言，“*orbis*”通常是指平的圆盘，但有时候也指球状物或球体。当西塞罗写下“*orbis*”时，他有时候指的是宜居的干燥陆地，即一个升起在波涛上的圆盘，有时候则指整个陆地和海洋的球体。这种模棱两可一直延续到了文艺复兴时期。于是，奥特柳斯（Ortelius）的1570年地图集被取名为“*Theatrum orbis terrarum*”，即陆地球体论。它的扉页清晰地表明，“*orbis*”是一个球体，但复数形式的“*terrae*”暗示，它是一本不同国家的地图集。墨卡托是个例外，他使用了“*orbis terrae*”这一短语。1569年，“*terra*”开始意味着地球或世界（就像在“行星地球”中那样）。一个词已经被用来取代瓦尔德泽米勒和林曼的那个笨拙的短语。到了1606年，奥特柳斯的“*Theatrum*”已经可以被翻译成“整个世界的理论”。只是到了1629年，一个令人满意的技术词语才被发明出来，以清晰地界定这种新实体。于是，它被称作了“水陆球体”。

我们可以详细地追溯，在瓦尔德泽米勒和林曼的《宇宙学介绍》于1507年出版后的那些年里，这一新概念取得的进展。在1514年出版的一本物理学教科书里，我们可以找到变化的第一个迹象。作者约达克斯·特鲁夫特首先呈现了一球体理论，不过他接着就开始解释那种海洋比陆地高的观点。他指出，绝大多数近代宇宙学家都声称，在世界的东端和西端，存在有人居住的对跖地。不过，为了加以平衡，他解释说，圣奥古斯丁（Augustine）已经否认了对跖地存在的可能性。如

果说那个文本是小心谨慎的，相伴的插图则并非如此。它只显示了三个月下球体，分别是地、气和火。很显然，地和水此时构成了一个球体。㊟



就地和水在连接地方形成一个单一球体而言，这是第一张复杂的插图，取自约翰尼斯·德·萨克洛波斯克，《关于球体的小册子》（*Opusculum de sphaera*，1518），由坦斯特特编辑。现在有3个月下球体，而非4个。



克拉维于斯的描绘，取自他就地、水、气、火之间的关系对萨克洛波斯克的阐释（1570，这里取自1581年版本）。地和水形成一个球体，被三层大气（在中层产生的天气）包围，只有最外层是一个完美的球体，在她之外是火球体。

1515年，多才多艺的约阿希姆·瓦迪亚努斯（Joachim Vadianus，哈布斯堡帝国桂冠诗人）在维也纳出版了一本小册子，名为“哈布斯讲师”（*Habes lector*）或“亲爱的读者”（*Dear Reader*，重印了6次）。在

这本小册子中，他暗示，根据美洲的发现，与亚里士多德的标准阐释正相反，宜居陆地几乎是任意散布在球体的表面上；地和水密不可分地交织在一起，似乎形成了一个球体。他断言，全球的几何中心和它的引力中心是同一个。圣奥古斯丁曾担心，如果承认对跖地的存在，那么就不得不承认存在非亚当后裔的人们。关于这一点，瓦迪亚努斯给出了一个简单的答案。他说，你可以走陆路从西班牙到印度，几乎为全球路程的一半；没有理由认为，任何有人居住的陆地与其他有人居住的陆地隔着遥远的距离（暗示美洲和亚洲距离很近）。三年后，也是在维也纳，乔治·坦斯特特（George Tannstetter）出了一版萨克洛波斯克的《球体》，其中包含了第一幅由互相连接的陆地和海洋构成的全球的“现代”概念。坦斯特特当时正在和瓦迪亚努斯密切合作。

1531年，雅各布·齐格勒（Jacob Ziegler）在巴塞尔出版了一部普林尼的《自然史》的详尽阐释。在书中，他根据两球体理论解释了普林尼对水怎样高过地的描述，只是为了直言不讳地得出结论，即现代发现已经证明这种球体观是荒谬的，因为陆地并没有被仅仅局限在全球的一个半球上。就在齐格勒的书出版的那一年，在威腾堡出版了一版萨克洛波斯克的《球体》，其中包含路德教派重要神学家、教育家墨兰顿（Melanchthon）写的介绍。墨兰顿的介绍赞扬天文学是对上帝的手工的研究，但它接着也为占星术做了不厌其烦的辩护。这一版本被一再重印、大肆盗印（在天主教国家里，那篇前言经常被不注明作者名字印刷，因为新教徒所写的任何文本都是被禁的；在其早期盗印本的书名页上，墨兰顿的名字经常被涂掉）。一幅显示地/水球体的关键新插图是从一版《球体》那里复制过来的。那版《球体》是彼得·阿皮安（Peter Apian）于1526年出版的。通过威腾堡版本的影响，那幅插图成了新标准。它甚至被克里斯托弗·克拉维于斯出版的对萨克洛波斯克的《球体》的注解复制。克拉维于斯的注解第一版出现于1570年，多次重印。



彼得·阿皮安的插图，显示地是圆的，后来被墨兰顿和克拉维于斯复制，取自萨克洛波斯克，《球体……对彼得·阿皮安……认可和修正》（*Sphaera ... per Petrum Apianum ...recognita ac emendata*），1526年。

1538年，威腾堡出版社出版了墨兰顿版的一个新的、详尽的版本，其中包括“星历表”，也就是带着圆形移动部件的纸仪器或插图。在这一版（它也继续被频繁重印或复制）中，萨克洛波斯克的文本所分的传统章节标题得到了修正。较早的版本有一章证明地球是个球体，另一章证明水是个球体，而在这个新版本中，这两章成了一个整

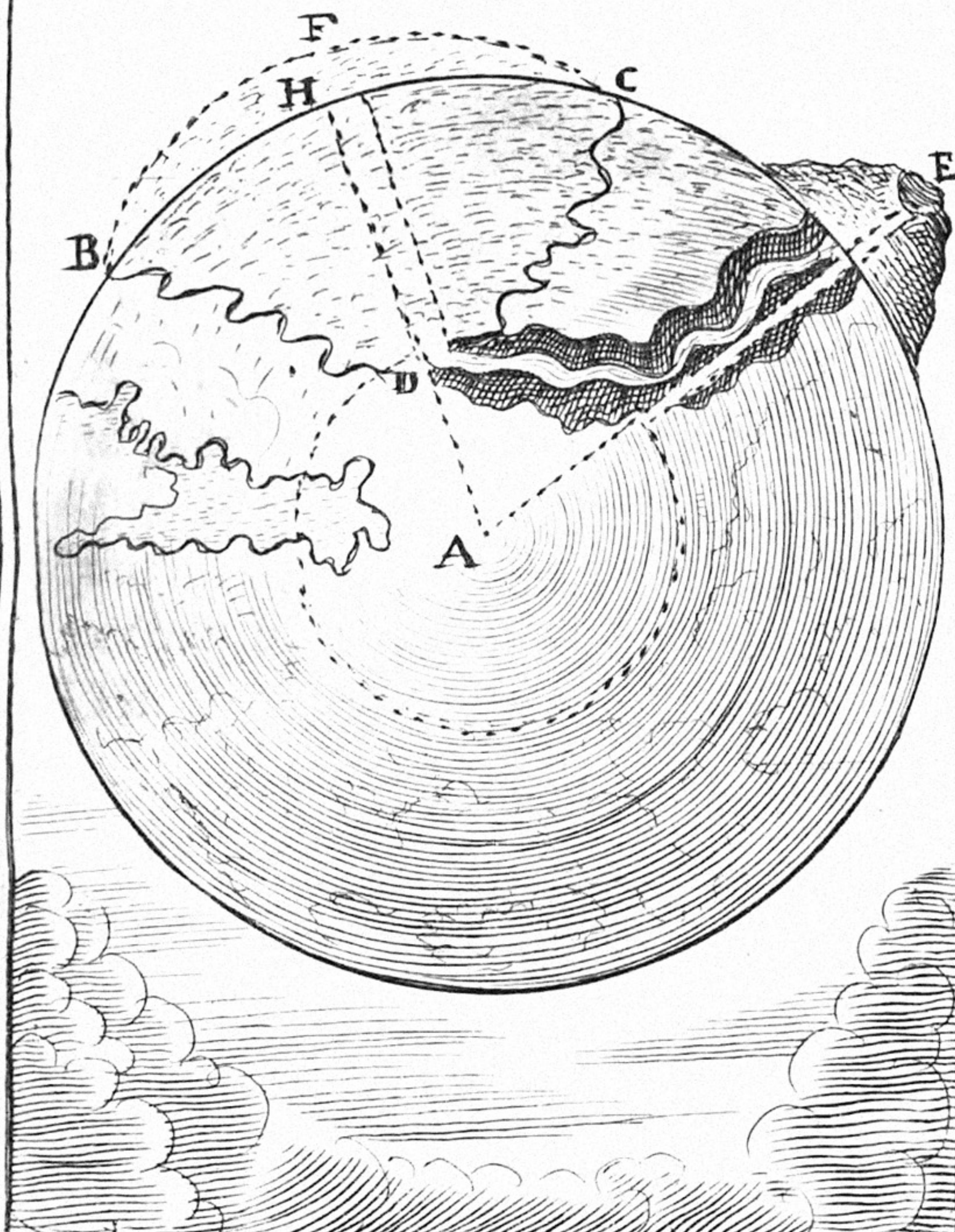
体，论述构成一个球体的水和地。文本自身没有被改变（例如，就像1639年在莱顿出版、供学校使用的一个版本中的那样），但新标题“*Terram cum aqua globum constituere*”（由地和水构成的球体）却改变了它的含义。从1538年以来，无论是在新教还是天主教天文学家中，地和水构成一个单一球体的新观点都成了一种正统观点。

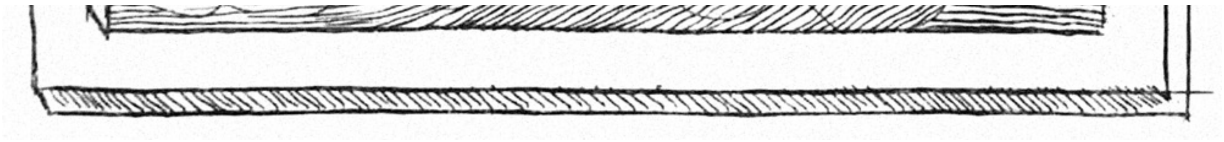
1475年，哲学家和天文学家普遍支持两球体世界理论。到1550年，所有专家都抛弃了它。然而，这并不意味着，旧理论的某些特定方面不可能被保留在新理论中。有人可能认为，水陆球体理论被采纳自动意味着承认海洋比干燥的陆地低。但是，经典和无数受人尊敬的权威似乎清晰确立了相反的观点。于是，耶稣会士马里奥·贝蒂尼（Mario Bettini，1582—1657）辩称，上帝打开地中的空洞，吸进去水体，把分开的地和水的球体变成了一个球体，就必须弥补（由于水按照定义比地轻）新水陆球体的引力中心与宇宙中心不重叠的危险；其结果是，水向外鼓，以便其重量与其移开的地的重量相等。加斯帕·肖特（Gaspar Schott，1608—1666，也是耶稣会士）接受了这一观点，将其作为绝大多数河流起源的解释。他认为，它们的源头（就像这幅插图寻求显示的那样）在海洋最高点（高海平面：F）的下面，但高于海岸线（低海平面：BC）。他认为，是否有源自高于高海平面的某一点（E）的河流，是一个未解决的问题。就这样，海洋高于陆地的教条就幸存了下来，一直到17世纪下半叶。注308很显然，只有当这种观点被抛弃后，那种认为能够从海平面来测量最高的山的观点才能够确立起来。然而，这并不是旧的两球体理论；到了此时，人们普遍认为，地和水拥有一个单一中心，该中心既是全球的几何中心，也是引力中心。我发现，在瓦尔德泽米勒的地图出版之后，只有两个人寻求捍卫旧理论，反对其攻击者。这是因为，新现实和旧理论发生了矛盾。

1578年8月的一个早上，在萨伏依公爵埃马努埃莱·菲利贝托（Emanuele Filiberto）的餐桌旁，就水为何流向大海，一场辩论爆发

了。阿威罗伊主义者安东尼奥·贝尔加（Antonio Berga）当时在场。他坚持认为，由于海洋比陆地高，那么这就不可能仅仅是因为水自然向低处流。他继续求助于旧的正统学说，即水球体比地球体大10倍，两个球体没有相同的几何中心，海洋比陆地高。乔瓦尼·巴蒂斯塔·贝内代蒂反驳了他的观点。贝内代蒂的官方身份是公爵的数学家和哲学家。由于事关两个人的声誉，辩论在早餐结束后继续进行。贝内代蒂要贝尔加读读皮科洛米尼的著作，他还把他自己的一些观点写在纸上供公爵阅读。贝尔加出版了反驳皮科洛米尼的著作，暗中驳斥了贝内代蒂。贝内代蒂做出回应。他无情地嘲笑贝尔加（他弄混了南极和北极，显得缺乏专业知识），称贝尔加是其哲学中的“半胡格诺教徒”（这是针尖对麦芒，因为贝尔加把新理论当成哲学异端而加以摒弃）。必须强调的是，贝尔加没有做任何阐释，以声称同时代的哲学家中有人支持他过时的观点。如果有人的想法和他的想法一样，那么他们也过于明智，不敢把他们的观点付梓。为了保存旧的正统观点，原本有必要坚持世界的陆块被局限在一个半球上。贝尔加规避了这一问题，并且就我所知，只有一个人如此愚蠢，以至于明确表达了这一观点。㊟

FIGVRA XIII pag. 316





肖特的插图，来自《喷泉与河流的物理—流体静力学剖析》（*Anatomia physico-hydrostatica fontium ac fluminum*，1663）。它意在显示海洋表面怎样向上弯曲，以及来自海洋的水怎样在地下穿过地的裂隙，显现为水泉与河流。海洋比陆地高的事实解释了水为什么会喷出高于海平面的地面。当然，肖特承认，山顶和海洋的相对高度没有被确定下来。

然而，也许有人会渴望提出一系列替代理论，来解释新证据。例如，有人也许会辩称，现在很明显有两个球体，远非一个漂浮在海洋上的地球体。那些把新世界描述为"*altera orbis terrarum*"（即，另一个陆块球体或圆）的人表达了这一观点（哥白尼模仿了他们）。奥维多［Oviedo，即贡萨洛·费尔南德斯·德·奥维多·伊·瓦尔德（Gonzalo Fernández de Oviedo y Valdé）］于1535年提出了这一观点，他撰写了官方的西班牙新世界发现史。但是，对哥白尼来说，这仅仅是一种措辞，因为很显然，你无法拥有两个地球体，同时把地元素放在宇宙的中心。一个水球体里有两个地球体的宇宙再也不是亚里士多德的宇宙了。"*Altera orbis terrarum*"是一个朗朗上口的短语，但无法被转化成一个切实可行的理论。于是，虽然一些保守思想家做出努力，试图保留海洋高于陆地的传统主张，但两球体理论还是被抛弃了。

不过，有一个作家不会如此轻易地被击败。在其于1596年出版的《宇宙性质论》（*Universae naturae theatrum*）中，让·博丹辩称，新大陆只是漂浮在无底海洋上的巨大板块。他坚持地元素比水元素重，但如果较重的物体形状适当，那么它们也能够漂浮在较轻的物体上（这遵循的是亚里士多德的正统学说）。漂浮的大陆会在水里置换它们自己的重量（根据阿基米德定律），但按照一种出人意料的不合逻辑的推论，大陆的体积仅有1/7会位于波浪之下。更糟糕的是，博丹坚持海洋凸起在陆地上的传统信条，认为海洋比最高的山顶还高。当然，这很难和他把大陆描述为高高漂浮在波浪之上的说法相容。博丹确信人们有可能拥有漂浮的陆块。他相信存在关于在夜里偷偷改变位

置的岛屿的可靠报告，但他认为，巨大的大陆将保持不动。于是，博丹提出，不是一个水陆球体，而是一个地在水上漂浮的球体。在这个球体里（就像一个注释者在文本边缘对他的论点做的总结那样），“*terram aquis supernatare*”，即地漂浮在水面之上。

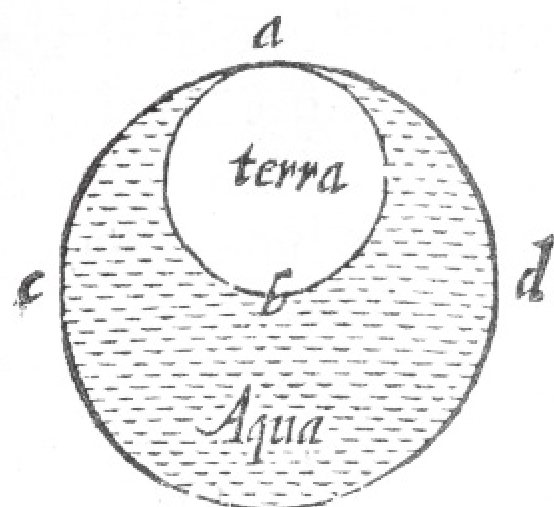
博丹之所以提出这种奇怪的观点，其动机是很复杂的。首先，他清楚陆地并不局限于一个半球，因此旧的两球体理论不起作用。其次，他在哥白尼的著作里发现了一种证明，即如果地是水的1/10大，且它的任何一部分与水球体的中心重叠，那么它就会完全没入水中。于是，他断定，如果一个人想保持水和陆地的适当比例，那么他就需要打破陆地，将其分散在水的表面。在这么做的过程中，他完全抛弃了两个基本原则，其一是地元素是个球体，其二是地元素位于宇宙的中心。对亚里士多德来说，它们是不可或缺的。然而，博丹相信，他更接近于《旧约》（*Old Testament*）对创世的描述。

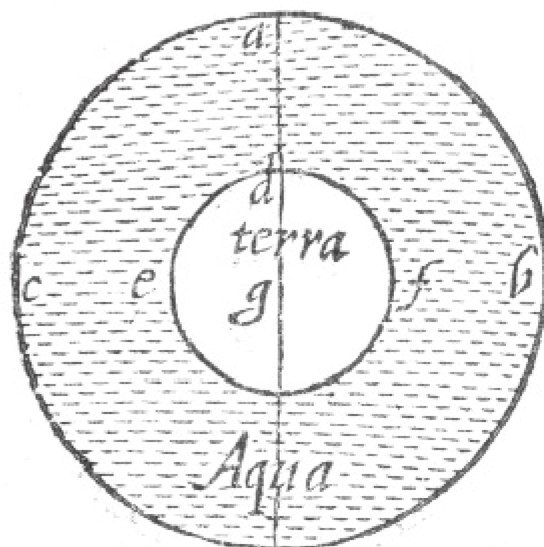
博丹的理论太奇特了，以至于加斯帕·肖特完全理解不了它。当肖特写作时，已经过去了两代人的时间。他解释说，博丹主张的是漂浮在一个水球体中的一个非常巨大的地球体，从而维持了传统的亚里士多德观点的核心原则。他的解释大错特错。他画了一个详细的示意图，来说明他所认为的博丹的理论。当然，他的示意图根本不像博丹自己的示意图。肖特的完全不懂暗示，博丹很难说服其他学者相信他的观点是有道理的。只要认真考察他的观点，那么任何人都将被迫得出结论，他对比水重的物体可能怎样漂浮的描述充满了矛盾，因为阿基米德和亚里士多德完全是矛盾的，很难明白一种基于博丹的漂浮大陆的稳定理论会怎样产生。

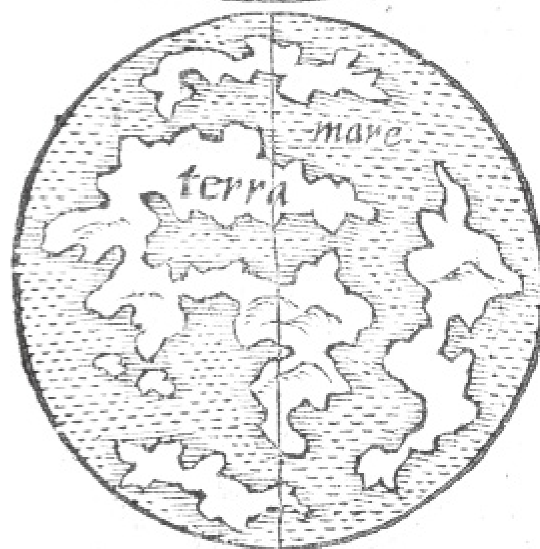
那么，我们将怎样解释两球体理论无声消亡这一奇特的故事呢？早在韦斯普奇抵达新世界之前，就已经有可靠的证据在反对它了。罗马的吉尔斯和但丁已经指出，如果那一理论是正确的，那么从水里显现的陆地应该是圆形的，但它不是。目光犀利的但丁说，人们应该确

定是否有东西是这种情况（*an sit*），然后再决定它为什么是这种情况（*propter quid*）。在他看来，证据证明两球体理论是错的，即使这一理论是对亚里士多德理论的优美再阐释。注此外，后来所谓的水陆球体理论的早期提倡者安达洛·迪·纳格罗、泰莫·约达艾（他们遭到了围攻）已经指出，在月食期间，地的形状是圆的（亚里士多德已经知道了这一现象），证明只有一个水陆球体，而非两个重叠的球体。他们坚持说，水并不真的是透明的，它会投下影子，但人们没有看到过这样的影子。在《天体运行论》（1543）中，哥白尼重新利用了这一观点。

到了14世纪，反对两球体理论的可靠证据已经被呈现出来，该理论被抛在了一边。16世纪初期，韦斯普奇的航海提供了进一步反对这一理论的证据，并且这些证据具有决定性。这些证据的质量有所不同吗？是的。韦斯普奇的航海有两个重要特征（当然，就他进行了多少次航海，以他的名字出版的他的航海描述是不是他写的，现代学者存在争议）。首先，在新世界的发现的重要性上，不存在争议。原因很简单，因为它们成了国家事务，成了国王们的牵挂。学者们怎么可能忽视政府严肃以对的东西呢？其次，甚至更为重要的是，这些发现是新的。当安达洛·迪·纳格罗求助于发生月食期间地球的影子时，或当但丁求助于已知世界干燥陆地的形状时，他们是在求助于早就可以获得的信息。我们很容易假定，两球体理论的提倡者已经考虑到了这些观点。这是因为，在一种手稿文化中，没有人可以盼望掌握所有相关文本。但是，韦斯普奇的信息显然是完全史无前例的，需要马上加以应对。

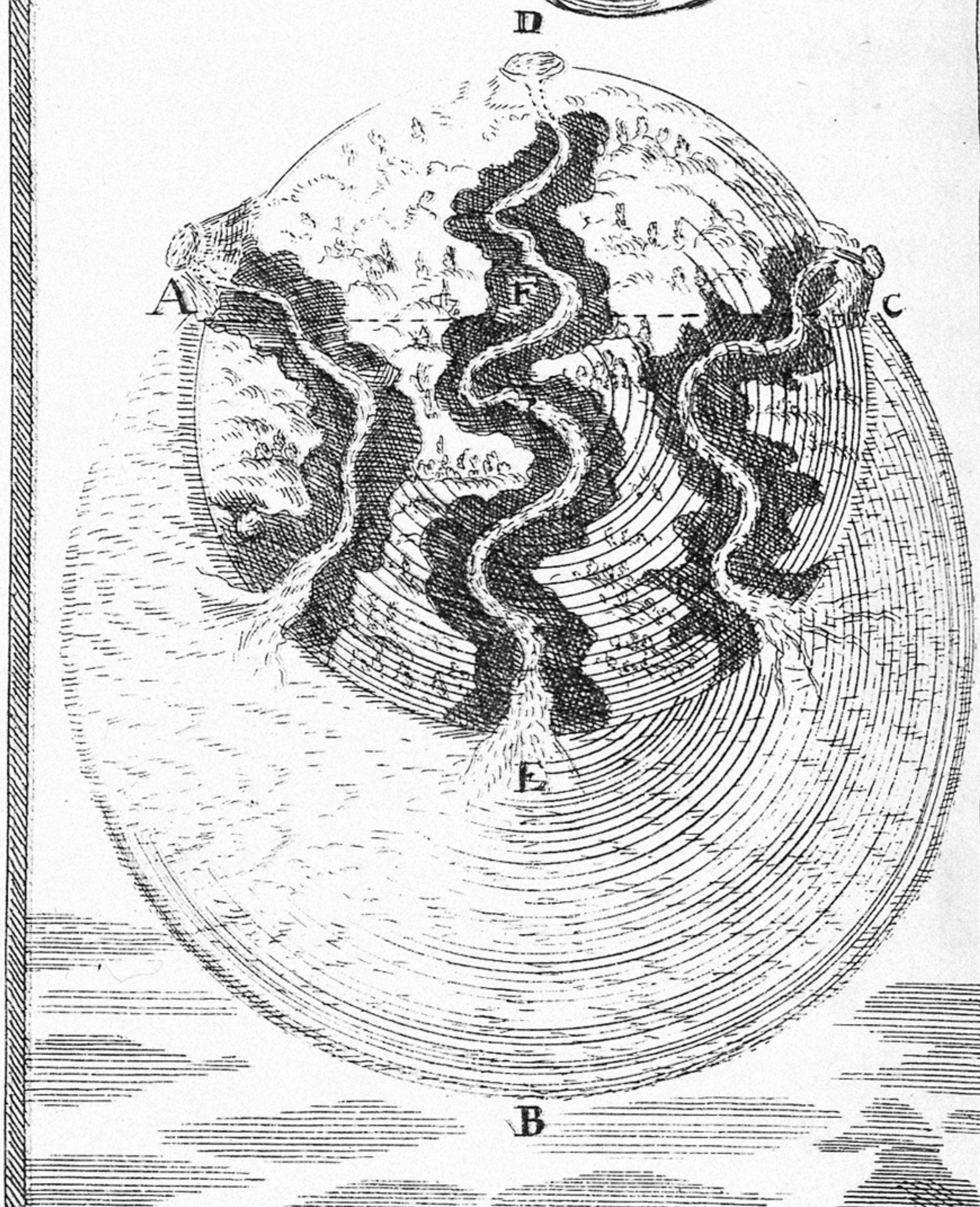

a
terra
c
b
d
Aqua

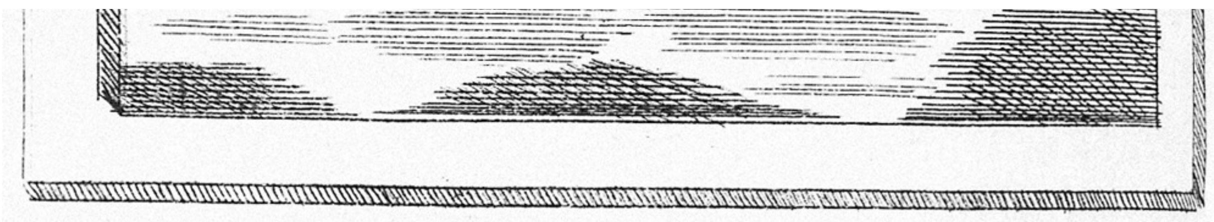

a
d
terra
c
e
g
f
b
Aqua


mare
terra

让·博丹用来解释他的地、水关系新理论的图示，来自《宇宙性质论》（1596）。中间的图显示了标准的中世纪末期概念，即大小为水球体1/10的地球体。上面的图显示，这样一个地球体不会和宇宙的中心重叠。下面的图显示博丹自己的概念，即漂浮在海洋上的一系列平的地板块。

FIGVRA IX. pag. 240.





肖特所认为的博丹的地、水关系新理论，来自他的《喷泉与河流的物理—流体静力学剖析》（1663）。

发现的发明和印刷机一起发挥作用，打破了证据和理论的平衡，使它偏离旧观点的再阐释，朝向了新证据的获得和阐释。只要涉及两球体理论，韦斯普奇的航海就非常有效。新事实是杀手事实。事实上，就一种哲学理论被一种事实摧毁而言，这是自13世纪大学建立以来的头一遭。注也许显得令人吃惊的是，以前还从来没有一种经验主义证据决定了哲学家长期进行的一场辩论的结果。举个例子，亚里士多德主张一切神经都和心脏相连，盖伦证明它们和大脑相连，但古代、中世纪的亚里士多德派的哲学家都继续遵从亚里士多德的教导，仿佛盖伦不存在。注到1507年，理论和证据的关系变了，并且是永远变了。

3

1543年，哥白尼出版了《天体运行论》。他在书中主张，地球远非一动不动地居于宇宙的中心，而是绕着太阳一年转一次，绕着它的轴24小时转一次。哥白尼是波兰普鲁士地区瓦尔米亚大教堂的教士，曾经在意大利求学（在博洛尼亚学习天文学，在帕多瓦学习医学）。在其伟大著作的开头，他梳理了摘自萨克洛波斯克著作的一套传统观点，其中包括天空是球形的，地是球形的，水是球形的。在第一卷第二章最后一句里，哥白尼拒绝了（取自普林尼和《圣经》）一种主张，即水比陆地高。然后，在第三章，他强调了发现美洲的意义，即地和水构成一个球体，引力中心和几何中心在其中重合。水不可能像众多中世纪哲学家所声称的那样比地大10倍，因为果真如此，并且地

是圆的，耸立在水面之上，那么简单的几何就能证明，地的任何部分都不会和宇宙的中心重合。对跖地和相对的地区是存在的。“实际上，关于美洲位置的几何推理迫使我们相信，它与印度的恒河地区正好相对”（这一计算迥异于瓦迪亚努斯，他认为印度和非洲互为对跖地）。于是，哥白尼主张球体的地球。他求助于月食期间地球投射在月亮上的影子的形状，以证明尽管有山脉和峡谷，但地球其实就是一个完美的球体。就主张地球绕着一条南—北轴旋转而言，这是关键的第一步。

到了1543年，哥白尼认为地球是一个单一球体的主张的大致轮廓是普通平常的。但是，我们知道，哥白尼在1514年就已经系统表达过他的观点，因为在那时，至少他的草稿的一个抄本就已经存在了。他的草稿的名为“小注解”（*Commentariolus*，或*Little Commentary*）。他给我们留下了两份关于其思想发展的说明，一份在《小注解》开头，另一份在《天体运行论》开头。我们从它们中了解到，他早就对传统天文学理论不满意了；为了确定替代理论，他曾投入一个系统阅读计划；他刚开始觉得地球移动的思想是荒谬的，但他按照这种思想继续努力，决心要看看它能否为一种关于天空运动的新描述提供基础。

仅有少数几个阐释者明白，哥白尼的地和海洋形成一个球体的学说相对较新。但是，他们却得出了一个极其错误的结论，即哥伦布必须克服一个根本障碍，才能设想一个旋转的地球。他必须设想地球是球形的（以计算可能的最大值，即沿着南北轴对称；或作为一种绝对最小值，拥有位于南北轴上的引力中心）。爱德华·罗森（Edward Rosen）曾辩称，《天体运行论》第一卷第三章中的信息（如美洲是恒河的对跖地的主张）依据的是瓦尔德泽米勒的1507年地图以及与它相伴的那本书、约翰·勒伊斯（John Ruysch）于同一年出版的另外一张地图。果真如此的话，哥白尼似乎是在1507—1543年把地球视为一个球形球体的。但是，究竟是在什么时候呢？在这里，除了《小注解》，我们别无有用的信息源。它以一些公设开头。第二个公设是“*centrum*

terrae non esse centrum mundi,sed tantum gravitatis et orbis Lunaris”［“地的中心不是宇宙的中心（因为太阳才是宇宙的中心，地球不是），只是引力的中心和月亮球体的中心”］。正如我们在第三章中看到的那样，中世纪末期的观点是地与宇宙的中心重叠，但至少存在三个相关的引力中心，分别是地的中心（固体朝着它落下）、水球体的中心（水朝着它降下）、两个球体的引力中心（就是说，平衡或均衡点）。这三个中心里的一个被认为是宇宙的中心。“*Centrum terrae esse centrum gravitatis*”（地的中心是引力中心”）仅仅用了可能最少的词就打断了这一争论，拒绝了巴黎学派的观点，证明哥白尼在1514年就已经赞同瓦迪亚努斯将于1515年首次公布的观点。哥白尼将在《天体运行论》中重复这一观点，即地球的几何中心和引力中心是同一个。

其次，关于地球的旋转，哥白尼这样描述道：“*Alius telluris motus est quotidianae revolutionis et hic sibi maxime proprius in polis suis secundum ordinem signorum hoc est ad orientem labilis,per quem totus mundus praecipiti voragine circumagi videtur*， *sic quidem terra cum circumfluis aqua et vicino aere volvitur*。”罗森这样翻译道：“第二种旋转为地所特有，是每天都按照那些标记的顺序的旋转，也就是从西到东。由于这种旋转，整个宇宙都好像在以很高的速度旋转。地就这样和周围的水、环绕的空气一起旋转。”

我们需要更精确一些。“*terra cum circumfluis aqua et vicino aere volvitu*”的意思是，“地球旋转，和水以及围绕它流动的邻近空气一起”。按照传统的观点（被哥白尼在《天体运行论》中明确加以拒绝），地就像一个苹果，漂浮在一个更大的水球体上。但是，在这中，水是被和邻近的空气比较的，二者都存在于陆地的表面之上，围绕着它流动并遍及它。那么，在这里被预示的是后来在《天体运行论》里被提出的主张，即“最后，我认为，陆地和水显然一起压在一个单一的引力中心上，地别无重要的中心。这是因为，既然地较重，那

么其缝隙就充满了水。其结果是，与陆地相比水很少，即使表面上也许显得水更多”。

因此，如果我们审视一下《小注解》的文本，就能找到什么东西将成为《天体运行论》的观点。这些东西是电报体的。从这一点开始，后面跟着三个结论。首先，《小注解》不可能是在1507年前写的。有一个独立的证据支持这一观点，因为在1508年，劳伦斯·科菲努斯（Lawrence Corvinus）写了一首诗。他在诗中暗示，哥白尼当时认为太阳在天空中移动；换句话说，他尚未采纳日心说，即使他已经用公式表述了“一些奇妙的（新）原则”。其次，哥白尼是14世纪以来第一批拒绝两球体、地的多中心理论的人之一，这有助于解释他在《天体运行论》中对这一观点的强调，尽管直到1543年，他才敲了一扇打开的门。实际上，其他哥白尼派肯定发现哥白尼对这一点的强调难以理解，否则它很快就不会引发争议了。在把第一卷的关键部分翻译成英语时，托马斯·迪格斯完全抛弃了对地球的圆度的讨论，因为他简单地把地球是一个“地和水的球”视为理所当然。

只要记着这一年代顺序，我们现在就能够应对一个重要问题，即哥白尼对水陆球体理论的采纳是不是一个导致他从地心说转向日心说的关键事件。有人曾暗示，哥白尼最初考虑了一种地日心说。就是说，是这样一个理论，即太阳绕着地转，行星绕着太阳转。这一理论后来被第谷·布拉赫采纳。我对此表示怀疑，因为哥白尼似乎假定过，正确的理论必然已经被系统表述过了，他需要阅读才能发现它。他不是在找一种崭新的理论，他尚不具备进步的知识观念。然而，如果哥白尼的确考虑过地日心说，那么他似乎很快就抛弃了它。这可能是因为他意识到，这样一种理论与携带行星的物质球体的信条不一致，因为火星绕太阳旋转的轨道与太阳绕地球旋转的轨道将会交叉。他转而思考一种比较激进的理论，即日心说（它比较激进，因为它涉及一个移动的地球；它比较保守，因为它与物质球体的信条一致，已经被古代哲学家系统表述过了）。一旦这么做了，他就会意识到，他必须断

定地/水集合的形状，因为他的地球必须能够绕着它的轴旋转并飞过空间。

萨克洛波斯克的理论是，水已经被地的中心移开。这一理论将不得不被马上摒弃，因为如果地的中心不是水的中心，那么它怎么能稳定地绕着地的中心旋转？巴黎学派的观点是，地的引力中心与水球体的中心一致。乍看之下，这种观点似乎是一个切实可行的选择。但是，哥白尼是一位称职的数学家。就像他在《天体运行论》中所指出的那样，他很快就会意识到，如果按照普遍的看法，水球体比陆地球体大10倍，那么陆地球体就根本不会与水球体的中心重叠，于是地的引力中心和水的引力中心不可能重合。即使他把水球体大大缩小，也难以让地球体的引力中心对应水球体的中心，除非你假定干燥陆地与地元素有天壤之别，并且地球体的一大部分将必须在理论上由“干燥的”陆地构成，即使认为它位于水平面以下。在确定能够与宇宙中心重合的引力中心时，皮埃尔·德阿伊曾把地和水当作一个单一的集合，试图克服这一困难。在他之后，格雷戈尔·赖施（Gregor Reisch，1496）也曾这样尝试过。结果是产生了一个理论。该理论声称，出于某些目的，“地球”将被认为由两个球体构成；出于别的一些目的，它将被认为由一个球体构成。无论是哪种方式，都有可能存在对跖地，但只能沿着两个球体之间的界限。

set octaua, diameter eius nõ posset esse maior, quàm quæ ex centro ad circumferentiam aquarum: tantũ abest, ut etiã decies maior sit aqua. Quòd etiam nihil intersit inter centrum grauitatis terræ, & centrum magnitudinis eius: hinc accipi potest, quòd conuexitas terræ ab oceano expaciata, non continuo semper intumescit abscessu, alioq arceret quàm maxime aquas marinas, nec aliquo modo sineret interna maria, tamq uastos sinus irrumpere. Rursum à littore oceani non cessaret aucta semper profunditas abyssi, qua propter nec insula, nec scopulus, nec terrenum quidpiam occurreret nauigantibus longius progressis. Jam uero constat inter Ægyptium mare Arabicumq sinum uix quindecim superesse stadia in medio ferè orbis terrarum. Et uicissim Ptolemæus in sua Cosmographia ad medium usq circulum terram habitabilem extendit, relicta insuper incognita terra, ubi recẽtiores Cathagyam & amplissimas regiones, usq ad LX. longitudinis gradus adiecerunt: ut iam maiori longitudine terra habitetur, quàm sit reliquum oceani. Magis id erit clarum, si addantur insulæ ætate nostra sub Hispaniarum Lusitaniæq Principibus repertæ, & præsertim America ab inuentore denominata nauium præfecto, quam ob incompertam eius adhuc magnitudinem, alterũ orbem terrarum putant, præter multas alias insulas antea incognitas, quo minus etiã miremur Antipodes siue Antichthones esse. Ipsam enim Americam Geometrica ratio ex illius situ Indiæ Gangeticæ è diametro oppositam credi cogit. Ex his demum omnibus puto manifestum, terrã simul & aquã uni centro grauitatis inniti, nec esse aliud magnitudinis terræ, quæ cũ sit grauior, dehiscẽtes eius partes aqua expleri, & idcirco modicam esse cõparatione terrę aquam, etsi superficietenus plus forsitan aquæ appareat. Talem quippe figurã habere terram cum circumfluentibus aquis necesse est, qualem umbra ipsius ostendit: absoluti enim circuli circumferentijs Lunã deficiẽtem efficit. Non igitur plana est terra, ut Empedocles & Anaximenes opinati sunt: neq Tympanoides, ut Leucippus: neq Scaphoides, ut Heraclitus: nec alio modo caua, ut Democritus. Neq rursus Cylindroides ut Anaximãder: neq ex inferna parte infinita radicitus crassitudine submissa, ut Xenophanes, sed rotũditate absoluta, ut Philosophi sentiũt.

哥白尼《天体运行论》第一版的一个副本（来自理海大学），带着同时代的批注。那位读者在梳理哥白尼的一种主张的逻辑。哥白尼认为，传统的对地和水的关系的描述存在固有矛盾。这是因为，如果地球体将与水球体的中心重叠，水的体积就不可能比地的体积大10倍；如果地仍将是宇宙的中心，那么地球体就必须与水球体的中心重叠，尽管它再也无法让自己的中心与水球体的中心重合。博丹在《宇宙性质论》中也恰好注意到了这一点。［我要感谢诺埃尔·马尔科姆（Noel Malcolm），他费力地抄录了这一几乎无法辨认的批注。］

哥白尼告诉我们，在他努力地系统表述他的新理论时，曾投入一个系统的阅读计划。迈克尔·尚克（Michael Shank）曾暗示，在这一阅读过程中，哥白尼获得了一本天文学文本概要。这本概要是杰塔出版社于1508年在威尼斯出版的。在这本概要里，他会发现格罗斯泰特对一球体理论的简要阐释。但是，他也会发现詹巴蒂斯塔·卡普阿诺给萨克洛波斯克的著作做的注释（首次出版于1499年。就探讨怎样在一个移动的地的概念基础上系统表达一种天文学理论而言，这本注释是哥白尼之前唯一一本著作。至关重要的是，卡普阿诺不仅讨论那种（由奥雷姆详细阐述的）常见的思想，即每天都旋转的可能是地，而非天空，还探讨了地可能沿着一种一年一度的路径在天空移动，与通常被指定给太阳的那种路径不同。如果这一文本的确落入了哥白尼的手中（哥白尼曾在1501—1503年在帕多瓦学习，当时卡普阿诺在那里讲授天文学，因此哥白尼也许已经听过他的课，或读过一个早前出版的版本），那么我们就能够确定，他非常认真地读过它。卡普阿诺系统阐释了一系列对移动的地的反驳，这些反驳成了经典。举个例子，如果你在一条移动的船上直上直下地扔一个物体，它会落在船的后面。他辩称，如果地球旋转，我们全都真的会被淹死，因为我们的那一点儿地每天都会转到波浪下面。根据两球体理论，必然会是这样。如果有人辩称地、水和气都一起旋转，因此它们都相对于彼此静止不动，那么为什么山顶经常有大风刮过？卡普阿诺认为，这些风是由球体的运动引起的，球体的运动把它们传送到了高层大气。哥白尼在《小注解》中小心翼翼地表述说，地与附近的气一起旋转。这一表述几乎像是专门为了给高层大气和地一起旋转失效留下余地，从而为山顶的风提供一个替代解释。阅读卡普阿诺的著作可能让哥白尼坚信，他需要一种关于地球是哪种物体的描述，以及关于物体落在一个移动的地球

上会发生什么的描述。（哥白尼的描述解释说，下落的物体随着移动的地球移动。但是，他没有进一步延伸这一解释，主张一条移动的船上的下落物体会随着船移动。）

如果我们设想，1508年之后不久，在思考的过程中，哥白尼已经想到了这一点，那么在发展其日心说理论中，亚美利哥·韦斯普奇的地理发现、瓦尔德泽米勒和林曼的阐释肯定至关重要，因为就地球的形状问题，它们提供了一种具有决定性的答案。从《天体运行论》一书中明显可以看出，水陆球体的概念对他至关重要；在构筑新理论的过程中，这肯定是最后一块建筑要件。没有韦斯普奇就不会有哥白尼学说，因为哥白尼学说要求一种现代的地球理论。

我们能够验证哥白尼学说要求一种现代的地球理论吗？乍看之下，这似乎是可能的，我们只需接着研读哥白尼的两本著作即可。但是，就地球移动的主张而言，存在另外三个早期展示。它们分别是，哥白尼的弟子雷蒂库斯的《第一讲述》（*First Narration*，1540），是对哥白尼理论的描述的首次印刷本呈现；切利奥·卡尔卡尼尼（Celio Calcagnini）的短篇专著，主张地球绕着它的轴旋转（1541年前，因此早于哥白尼）；雷蒂库斯撰写的一本书（1542/1543），探讨了《圣经》反对地球运动的观点。尽管这些出现得太晚，毫无详细展示的必要，但我们可以有望发现，当它们讨论地球的运动时，都明显提到了现代地球理论。我们也的确发现了。它们中的每一个都认为，有必要强调地球是一个完美的圆球、球状物或球体。

4

地球是个行星的主张有哪些内涵呢？哥白尼没有探讨这一问题，但他的继承者却必须探讨。1583年夏天，一个奇怪的小个子意大利人在牛津开展了一系列讲座。我们知道他名叫焦尔达诺·布鲁诺，但他喜欢给自己发明长长的名称和头衔，据说比他的身材还要长。下面这封他写的信的开头引发了大笑：

菲罗休斯·乔尔达努斯·布鲁诺斯·诺拉努斯（Philotheus Jordanus Brunus Nolanus），一种比较复杂的神学的博士，一位更纯粹和纯洁的智慧的、蜚声欧洲各最佳学院的教授，一位公认的、令人尊敬的哲学家，野蛮人和仆人中唯一的陌生人，沉睡的精神的唤醒者，傲慢、顽固、无知的驯服者；他事事都宣扬对人类的博爱；他既不愿意与英国人也不愿意与意大利人为伴，无论男女，无论主教还是国王，无论是穿长袍的还是甲胄在身的，无论是修道士还是俗人，而只愿意和那些言谈比较温和、有礼、可靠、有价值的人为伴；他不尊敬抹了油的头、画上了十字的额头、洗干净的手或行了割礼的阴茎，而是尊敬头脑的精神和文化（这在一个真正的人的脸上就能看出来）；愚蠢的传播者、无关紧要的伪君子厌恶他，严肃、好学的人喜爱他，最高贵的头脑赞扬他；他向牛津大学最杰出、卓越的副校长致以崇高敬意。

他走向讲坛时卷着袖子，就像一个将要表演戏法的杂耍演员。他说话时摇头晃脑，宛如一只水鸟或鹂鷉。他像所有大学教师那样用拉丁语讲课，但他说拉丁语带那不勒斯口音。牛津的教师（发现他们英国口音的拉丁语得体、高妙），嘲笑他说“*chentrum*”“*chirculus*”“*circumferenchia*”时的发音（事实上，现在它们成了获得许可的发音）。但是，他们大多反对他坚持的哥白尼学说。20年后，最终成为坎特伯雷大主教的乔治·阿伯特（George Abbott）回忆起往事，如在昨天。他说：“他（布鲁诺）虽然事务缠身，但依然采取行动，使哥白尼的观点站稳脚跟，即地球的确做圆周运动，天空的确静止不动。其实倒不如说，是他自己的头的确在真理中转动，他的大脑的确没有静止不动。”

自哥白尼出版《天体运行论》以来，40年过去了。与公认的托勒密天文学相比，哥白尼的新天文学具有某些明显的优势。按照托勒密和亚里士多德的观点，天空中的所有运动都应该是循环的、不变的，并且正如我们已经看到的那样，在文艺复兴时期，仍有哲学家［如吉罗拉莫·弗拉卡斯托罗（Girolamo Fracastoro，1477—1553），他是严肃

思考传染病现象的第一人］试图构建一种简单的宇宙模式，该宇宙由绕着一个共同中心层层相套的球体构成。但是，无论他们怎么尝试，哲学家们就是无法构建这样的模式，以符合天空中发生的实际情况。托勒密曾经设法完成的东西是一种精确预言天空中的运动的体系。就像柏拉图和亚里士多德的体系那样，托勒密体系主张月亮、太阳和一切行星都绕着地运动。但是，为了准确预言这些天体的运动，他采用了一种由圆心轨迹（圆）、本轮（圆上圆）、偏心轮（绕着一个移位的中心旋转的圆）、等分点构成的复杂体系。等分点是一种方法，通过不从一个圆的中心而从另外一个点测量，来加速或延缓一个天体的运动。通过这一方法，天体的运动可以被描述（或错误描述）为不变的。于是，对那些坚持天空运动应该是圆周运动、不变的哲学家来说，它成了一个在根本原则上投机取巧的方法。（对严格的亚里士多德学派来说，就连本轮也是欺骗，因为他们想让一切圆周运动拥有一个共同中心。）

哥白尼提议取消等分点。他还通过展示地球的运动怎样在天空中创造了一种等同于本轮的明显运动，提议取消与太阳的距离比地球远的行星的本轮。哥白尼也声称他的体系更可取，因为它更周密地界定了作为整体的系统的特征。举个例子，托勒密派哲学家从来没有确定，究竟是金星还是太阳离地更近（在我们看来，正确的答案是有时候是金星，有时候是太阳。但是，在托勒密的体系中，这是不可接受的答案），而哥白尼的体系把天体放在了固定的顺序之中。

人们过去认为，哥白尼发动了一场知识革命。实际上，托马斯·库恩给他的第一本书取的书名就是“哥白尼革命”（1957）。但是，在这一点上，库恩是错的。欧洲各地的天文学家对哥白尼不得不说的东西兴趣盎然，但他们理所当然地认为，他对一个移动的地球的描述完全是错误的，仅有很少的人例外。如果地移动了，我们会知道；我们会感到吹到脸上的风。如果你从一个高塔上扔下一个物体，它会朝着西方落下。如果你向西方开一炮，炮弹会比你向东开炮射的远。既然这

些情况都没有发生，于是所有著名的天文学家都相信哥白尼错了，其中包括伊拉斯谟·莱因霍尔德（Erasmus Reinhold，1511—1553）、迈克尔·梅斯特林（Michael Maestlin，1550—1631）、第谷·布拉赫（1546—1601）、克里斯托弗·克拉维于斯（1538—1612）、乔瓦尼·马志尼（Giovanni Magini，1555—1617）。然而，他们痴迷于他计算技巧的简洁性，对可能废除等分点的想法激动不已。在一种为了热爱而付出的非凡劳动中，《天体运行论》的第一版（1543年）和第二版（1566年）存世的副本现在都已经过被研究过，以便确定其第一读者写的批注。有了结果后，我们可以借助结果，非常可靠地分辨出他们喜欢什么不喜欢什么，他们发现什么可信什么不可信。他们把哥白尼学说当作一种数学方法来喜欢，没有时间来考察其科学真理。他们之所以读它，是因为作为前言的那封信［现在知道是奥西安德尔（Osiander）写的，并且是未经哥白尼许可添加的］鼓励他们把它当作一种纯粹的假说建构来读它。

1583年，就我们所知，全欧洲仅有三个称职的天文学家接受了哥白尼的地球绕着太阳转的主张，其中包括德国的克里斯托弗·罗特曼（Christoph Rothmann，他没有出版并最终抛弃了哥白尼学说）、意大利的乔瓦尼·贝内代蒂（他于1585年就这一问题发表了几个句子）、英国的托马斯·迪格斯（他于1576年出版著作，支持哥白尼学说）。注因此，在听到那个古怪的意大利人摇头晃脑、大喊大叫地把哥白尼学说当作严格的真理来捍卫时，牛津的教师们必定感到吃惊。

我们不知道布鲁诺在阐释哥白尼学说上走了多远。在讲了三次课后，他就被叫停了。他被指控只是在背诵来自文艺复兴时期柏拉图派哲学家菲奇诺（Ficino，他曾撰文颂扬太阳）的段落，同时给人那些话是他的话的印象。这极有可能，因为布鲁诺的确在其出版的书中做过类似的事情。此外，正如我们已经看到的那样，剽窃当时是一个新颖的概念。注但是，我们知道布鲁诺想说什么，因为在他被逐出牛津后，他到法国驻伦敦大使那里避难，并且在那里写了一系列著作，其

中最著名的是《圣灰星期三的晚餐》（*The Ash Wednesday Supper*），以捍卫他的立场。在18个月的时间里，布鲁诺在伦敦出版了6本书，都是用意大利语写的。注在他之前和之后在英格兰度过的时光里，布鲁诺仅用拉丁语出版［唯一的例外是一个剧本，《举烛人》（*Il candelaio*）,于1582年在巴黎出版］著作。因此，当他的书肯定主要是卖给英国人时（毫无疑问，一些书会被带到法兰克福的大书市），他选择用意大利语写作就显得奇怪了。但是，意大利语是但丁和彼得拉克的语言。受过教育的英国人能够读它。通过使用意大利语，布鲁诺表明，他是在向诗人和经纪人推销他自己，而不是向数学或哲学教授。

英国人仇视外国人和天主教徒。如果你显得太像外国人，就像布鲁诺那样，你就有被当街暴打的危险。布鲁诺几乎不敢到外面冒险。在他写的对话中，他把自己描述为与英国社会的精英混在一起。但是，他后来声称，这是虚构，并非事实。然而，他的书肯定卖出去了，否则他的出版商会停止出版它们。布鲁诺自己一文不名，当他看到牛津的教师手指上戴着大宝石戒指时，感到十分吃惊。我们可以肯定他手指上一个戒指也没有，因此他无法给他的出版商提供补贴。

这些书标志着一场真正的革命。哥白尼已经描述了一个球形宇宙，太阳居于它的中心。他已经意识到也许能够构想一个无限的宇宙，但它拒绝追求那种思想路线。他说，“让我们因而把宇宙是有限的还是无限的问题留给自然哲学家来探讨”（哥白尼自己是数学家，不是哲学家）。布鲁诺采纳了哥白尼学说，主张一个无限、永恒的宇宙。他说，那些恒星是一些太阳，太阳是一颗恒星。在这里，他遵循的不是哥白尼的学说，而是萨摩亚的阿里斯塔克斯（前310—前230）的观点。因此，宇宙中可能存在其他有人居住的行星；就连太阳和恒星上也可能有人居住，因为它们上面不可能到处都一样热，也许有一些和我们迥异的生物靠热兴旺发达。此外，没有证据证明，其他行星与地球不同。布鲁诺辩称，可以假定月亮和行星拥有大陆、海洋；它们发

光，但靠的不是它们自己的光（就像普遍假定的那样；就连月亮也被假定为至少是半透明的），而只是靠反射光。因此，从月亮上看，地球看起来像个巨大的月亮；从甚至更加遥远的地方看，它会是天空中一颗明亮的星星。布鲁诺认为，地球将会闪闪发亮，因为海洋会比陆地反射更多的光。（在这里，就像伽利略后来证明的那样，他错了。这也是为什么在望远镜的发现后，天文学家开始绘制月球图时，他们命名了暗斑，而非亮斑、海洋。）于是，布鲁诺想象了一个无限的宇宙。这个宇宙有无数的恒星和行星，上面都有可能住着地外生命。由于布鲁诺不相信基督是人类的拯救者（他是某种泛神论者），他不用担心在这个有限的世界里上演的基督教罪与救赎的戏剧。

就设想一个有地外生命、无限的宇宙而言，布鲁诺并非第一人。在其《论博学的无知》（*On Learned Ignorance*，1440），库萨的尼古拉（Nicholas of Cusa）已经主张，只有无限的宇宙才与一位无限的神相配。尼古拉认为，地是一个天体；从远处看，地会像一颗星星那样发光。这一思想引起了蒙田的注意。但是，尼古拉认为地和太阳是相似的天体。他觉得，一个宜居的世界被藏在太阳闪闪发亮、可见的表面之后；至于地，就像太阳那样，被一种我们看不见的火披风包围，你只有从外太空看地球才能看到它。就这样，尼古拉把地球当作了天体，但同时又把太阳当作了陆地天体。注相比较而言，布鲁诺是第一个像我们现在做的那样区别了恒星和行星的人，使太阳成了一颗恒星，使包括地球在内的行星成了通过反射光发亮的黑暗天体。

布鲁诺试图通过采用位置和运动的相对性原则，解决反对哥白尼学说的标准观点。在他的宇宙中（与亚里士多德和托勒密的宇宙不同），没有上下，没有中心或外围，没有左右；除了通过与其他物体比较，无法辨别谁是在动还是静止。注在考虑太阳和地这两个物体时，奥雷姆和哥白尼已经采纳了运动的相对性原则，即我们察觉到的太阳的运动既可能是太阳移动引起的，也可能是地球转动引起的。但是，他们没有把这一观点扩展到布鲁诺考虑的比较复杂的情况。于

是，布鲁诺辩称，你可以置身于一艘在波澜不兴的海洋航行的船的船舱里，却完全不能分辨你是在移动还是静止；如果你直上直下地向空中抛某个东西，它会落在你的手里，不会因为船在移动而向后飘向船尾。哥白尼的宇宙有一个中心。他无法想象（或至少不承认那种可能性）一个在其中位置纯粹是相对的宇宙。布鲁诺还对哥白尼体系做了一些激进的、欠考虑的改变，部分原因是想消除对它的一些根本异议（例如，如果火星和金星有时候距离地球很近，有时候很远，那么它们应该剧烈地改变大小）。

1585年，布鲁诺的赞助人，也就是法国大使，被从英国召回。布鲁诺别无选择，只能和他一起离开。他漫游欧洲（带着哥白尼的著作，现在保存于罗马的卡萨那顿斯图书馆）。1592年，他在威尼斯被捕并移交给了罗马宗教裁判所。1600年2月17日，在黑牢中被单独囚禁8年，在漫长的折磨之后，他被活活烧死在菲奥里广场上。菲奥里广场是罗马主要广场之一。他拒绝放弃他的异端邪说，其中包括存在别的有人居住的世界的观点。[注]他的书在整个天主教欧洲被禁。

对于我们的叙述来说，布鲁诺是重要的。这不是因为他勇敢（他当然勇敢）或才华横溢（他当然才华横溢），而是因为他有时候是正确的。布鲁诺对哥白尼的修正和误解是欠考虑的。在过去的50年里，无限、永恒的宇宙理论已经被大爆炸理论（太近了，直到1949年才被命名）取代了。但是，我们现在知道太阳是一颗恒星，其他恒星也有行星，并且完全有理由认为宇宙别处存在生命。我们不是宇宙的中心，地球只不过是另外一颗行星。布鲁诺将会发现，与贝拉明（Bellarmine）红衣主教相比，他自己在我们的宇宙中更有宾至如归的感觉。贝拉明在布鲁诺的审判中扮演了关键角色，就像他在1616年天主教会对哥白尼学说的谴责中扮演了关键角色那样。在一些关键点上，布鲁诺比别的任何人都早地发现了正确的东西。他第一个以印刷文字的形式宣称，《天体运行论》的前言不是哥白尼写的。在现代人中，他第一个坚持主张行星是靠反射的光发亮的。[注]

5

有必要把布鲁诺和托马斯·迪格斯做个比较。1576年，也就是布鲁诺在牛津授课几年前，迪格斯就出版了他父亲莱昂纳德（Leonard）所著万年历《永恒的预测》（*A Prognostication Everlasting*）第6版。（这本书首次出版于1555年，共出版了13版。据我们所知，最后一次出版于1619年。）《永恒的预测》的主要目的是使其读者通过占星术（行星的位置）和气象学（大气中的现象，如彩虹和云）的结合，来预测天气。但是，《永恒的预测》也可以让你决定何时放血、通便（引发腹泻）和沐浴（看到沐浴被列入其中，现代读者会感到奇怪，似乎沐浴也被视作一种医疗手段；迪格斯父子建议人们不要在月亮位于金牛宫、处女宫、摩羯宫时沐浴，因为这些是地的标志，与水相克）；怎样根据一颗星星升起或月亮辨别时间，怎样计算任何一天的日升、日落、高潮、低潮、白天的长度。它是一部非常实用的著作。举个例子，它提供了一个罗盘仪刻度盘，你可以放大尺寸复制它；还提供了一张确定行星在天空中位置的仪器平面图，读者可以把它用作一个设计图，或（通过增加一根铅垂线和一个磁罗盘）把书本变成一种纸仪器。莱纳德还提供了一些没有实用目的的信息，显示了太阳、行星、地和月亮的相对大小，解释了月食怎样发生。他给出了天空的大小。他说，从地（当然，他假定地位于宇宙的中心）到固定恒星的球体有358463英里（约576890千米）。托马斯给这部成功的著作增加了一段译文（做了一些修正，增加了他自己的一些东西），翻译的是他认为乃哥白尼的《天体运行论》第一卷的关键部分。

《永恒的预测》所有版本的副本几乎没有存世。这本书是一种廉价的出版物，目标读者是小绅士和农民。一旦它明显过时了，就会被用来点火。如果说大多数年历的目标仅为持续一年，那么一本万年历自然也很快就变得肮脏、卷边儿了。到了17世纪40年代，即使能存在那么久，大多数副本的印刷和版式也显得太过时了。前8版全部是用黑体字印的。接下来，有3版书的主体是用一种人文主义字体印的，但哥

白尼的译文仍旧是黑体字，也许是为了表示它在知识上的严肃内容。直到1605年，整个文本才被赋予了一种现代外观。随着航海罗盘越来越便宜，更多人能够获得，教你怎样制作你自己的罗盘的知识就逐渐变得无关紧要了。到了18世纪，占星术自身被普遍认为已经过时。图表和制作仪器的设计图或许经常会被撕下来，用作参考工具，使书本残缺不全。早在有人觉得那本书值得保存之前，绝大多数副本就已经被扔掉了。之所以觉得值得保存，只是因为它古老、罕见。直到1934年，才有人出版了1576年版本的研究著作。

然后，一夜之间，这一版就成了一个不仅很稀有（罕见、短命的小册子多得很），并且高价的商品。每个拍卖师、每个图书馆员都在寻找它。这是因为，人们现在意识到，托马斯·迪格斯不仅把由一位英国人或用英语写的第一篇对哥白尼学说的重要辩护词纳入了其中，还收录了一幅描绘宇宙的插图。这幅插图显示，恒星没有被安排在一个球体里，而是延伸到了另一页的边上。这是第一幅描述一个显然无限的宇宙的插图。这幅插图占用了两页，并且显然是作为一种事后思考，在书付梓时添加进去的。装订工还从来不知道究竟怎样对付它，或者把它合并成一个折叠页，或让它占用两页。它肯定经常被损坏、撕掉；或要么被当成松散的一页丢掉，要么被完全忽视。根据已知的情况，第一版仅有7本存世，并且自其重要性被认识到以来，没有一本上市。最富有的收藏家也只能凑合着收藏后来的版本的副本。

1576年版的《永恒的预测》是个小小的不解之谜，我们在它里面发现了具体而微的现代早期科学史的整个问题。它代表着一种知识突破，因为迪格斯是第一位明确提出一个无限宇宙的称职天文学家。（库萨的尼古拉曾辩称，一位全能的神肯定会创造一个无限的宇宙。但是，这仅是一种哲学观点，不是一种天文学观点。）此外，在新天文学中，迪格斯并非一位无足轻重的人物。他在1573年就出版了一部关于那颗在同年显现的新星的研究著作。不过，也正是在那时候，他还愉快地致力于用新天文学来预测天气，决定医生应该在什么时候给

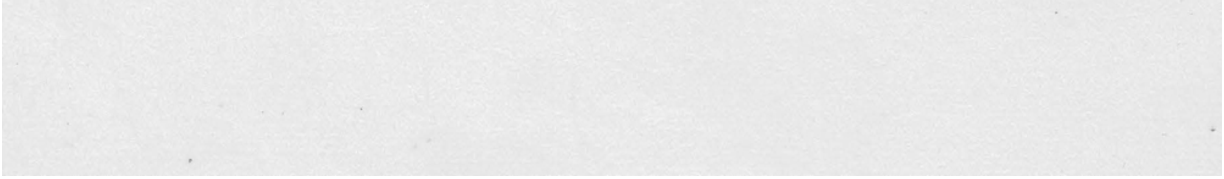
病人放血。在他父亲旧的、托勒密派的宇宙描述旁，他印上了自己新的、哥白尼派的对宇宙的描述。他知道，只有当宇宙比托勒密派想象的大得多时，哥白尼体系才能发挥作用。但是，他没有纠正他父亲给出的关于宇宙大小的数字。他的父亲提供了一幅托勒密宇宙的插图，其中最外面的球体被标上“博学的人的确把这里指派给了神和选民的壁龛”字样。托马斯的插图以他父亲的插图为蓝本，也混合了天文学和神学。他最外面的区域（现在是一个无限的空间，而非一个球体）也被标上“选民的壁龛”字样。旧与新、过去与未来、理性科学与迷信怎么可能在这里和谐共存呢？这个问题需要几个答案。

第一个答案是，与普遍认为的相比，哥白尼的革命性要少一些。在其出版的全部书中，哥白尼没有提及占星术，但他也根本没有暗示他对那种标准观点持有异议，即天文学存在是为了让占星术成为可能。哥白尼的宇宙和托勒密的宇宙的不同之处在于，太阳存在于（或者，更准确地说，非常接近于）其中心，而非地球。但是，在其他方面，它恰似托勒密的宇宙，例如它由一系列球体构成，这些球体层层相套。它在大小上是有限的。(注)它里面的所有运动（地球的毗邻区域之外）都是由一个基本原则决定的，即天的运动是圆形的，因而是不变的。哥白尼认为，托勒密已经违背了这一原则，但这不是因为他给圆心轨迹引入了本轮，以解释行星有时候在天空中好像向后移动，而是因为引入了等分点，以加速和延缓它们。哥白尼通过不同的方式，达到了同样的效果。

在哥白尼的体系是否存在等分点这个问题上，研究天文学的史学家你来我往，互相羞辱。最终结论是没有等分点，但存在旨在取代等分点的机制。研究阿拉伯天文学的史学家指出哥白尼采用的机制是阿拉伯人发明的，并且辩称哥白尼是把它们强行借来的，而非从头开始发明了它们。当然，目前尚未有人确定哥白尼可能接触到描述那一关键机制的究竟是哪一本书或哪份手稿。(注)

ratione salua manente, nemo enim convenientiore allegabit
quam ut magnitudine orbium multitudo temporis metiatur, ordo sphæ-
rarum sequitur in hunc modum, a summo capientes initium.
Prima et suprema omnium est stellarum fi-
xarum sphæra seipsam et omnia continens
ideoque immobilis
nempe universi locus ad quem motus et positio ceterorum omnium syderum conferatur. Nam quod aliquo modo illam etiam mutari existimant aliqui: nos aliam, cur ita appareat in deductione motus terrestris assignabimus causam. Sequitur errantium primus Saturnus: qui XXX anno suum complet circuitum. Post hunc Jupiter duodecennali revolutione mobilis. Deinde Mars ~~volv~~ qui biennio circuit. Quartum in ordine annua revolutio locum optinet: in quo terra cum orbe Lunari tamquam epicyclio contineri diximus. Quinto loco Venus nono mense reducitur

1 Stellarum fixarum sphæra immobilis
2 Saturnus XXX anno revolvitur
3 Jovis xij annorum revolutio
4 Martis bima revolutio
5 Telluris cum Luna annua revolutio
6 Veneris nonimestris
7 Merc. lxxx dierum
Sol



哥白尼的图解，显示了日心宇宙，来自《天体运行论》原手稿（1543）。月亮没有被画上，但在题词里被提及了。固定恒星的球体在外环。

对于最初两代阅读过哥白尼著作的天文学家来说，关键点不是它提倡日心说，而是与托勒密相比，它更为严肃地对待圆形运动原则并将其更为系统地加以运用。与托勒密的体系相比，哥白尼的数学模型的优势之一在于他的体系计算起来更容易。此外，尽管很多天文学家认为哥白尼学说并不是对宇宙组织方式的可信描述，但他们继续出版哥白尼的行星位置表。（就像每个人都愉快地使用伦敦地铁图，尽管它歪曲了各站点之间的距离；它的一大优势是让人容易找出走哪条线路以及在哪里换乘，而在空间上精确的地图看起来要麻烦多了。）

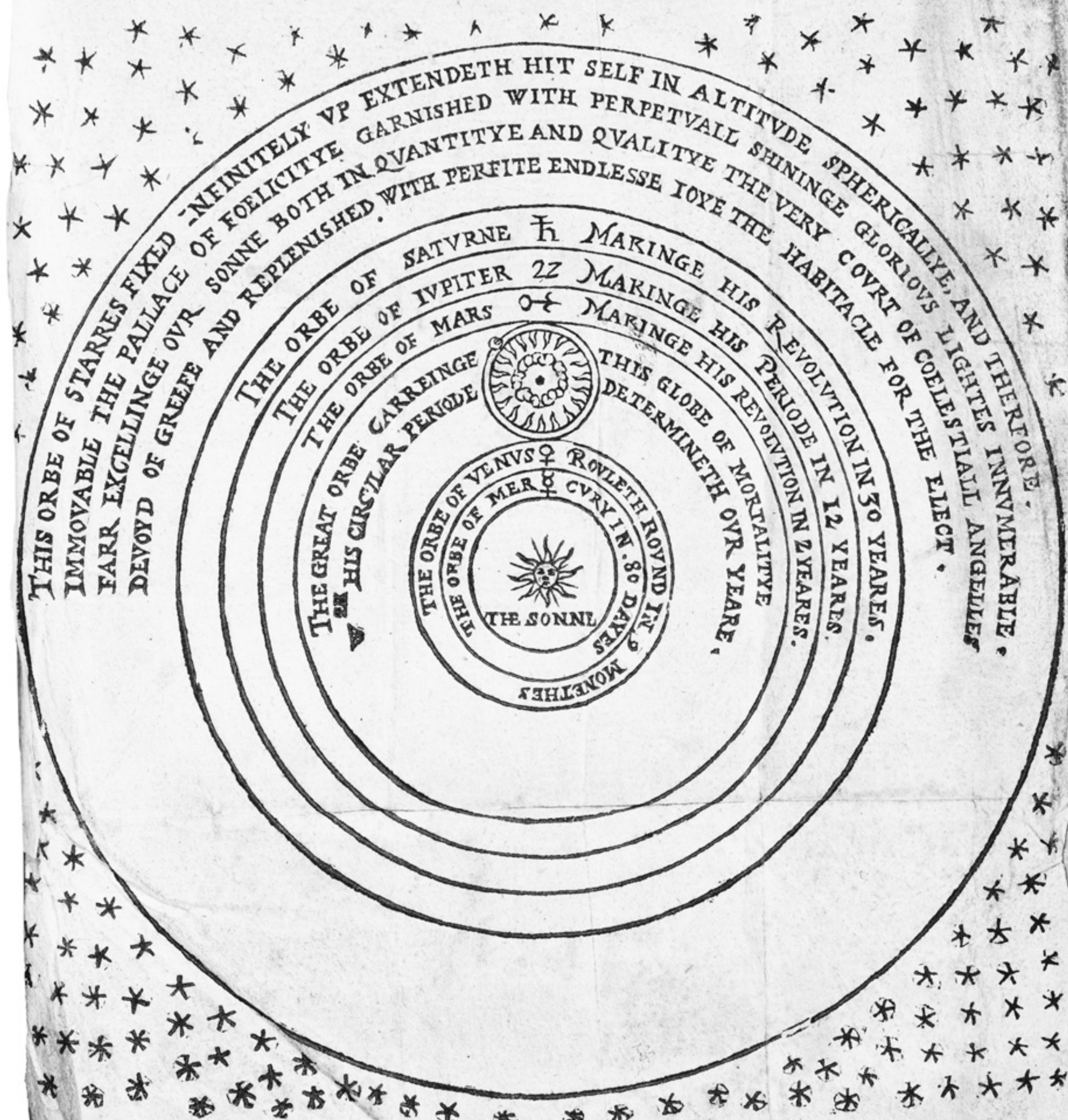
但是，迪格斯并非一名哥白尼著作的传统读者。这是因为，他明白，当哥白尼描述地球移动、太阳静止时，哥白尼真的想让人们按字面意思对待它。在迪格斯版本的《天体运行论》第一卷中，反对地球运动的观点被置于一个更加突出的位置。根据莱昂纳德·迪格斯提供的完全标准的数字，地球的周长为21600英里（约34761.8千米）。这意味着，如果哥白尼是正确的，并且地球一天绕地轴旋转一次，那么单单这一运动就需要我们每小时移动900英里（约1448.4千米），与地球一年在一个大圆轨道上绕太阳一次所要求的辅助运动相去甚远。有人提出［记住提出这一看法的人的旅行速度从来没有快过疾驰的骏马的速度，即大约30英里（约48.3千米）/小时］，如果我们正在以900英里（约1448.4千米）/小时的速度向前飞，那么应该能感到这一运动，风应该穿过我们的头发。当鸟儿从树上飞起时，它们应该被刮向西方。如果你从一座塔的顶端丢下某种东西，那么它应该远远落在塔基以西。迪格斯坚持认为，这些看法是错误的（他可能因而影响了布鲁诺对运动相对性的探讨）。迪格斯辩称，如果你爬上一艘移动的船只的

桅杆，放下一条铅垂线，铅垂线会垂到桅杆底部；它不会向后摆，直到铅锤垂到船后的水里。这个试验和伽利略后来设想（或做的）那个试验稍有不同（说服力也较差），在后者那里是在桅杆顶端扔下一个物体。不过，目的都一样，即确立垂直的概念是相对的，一艘移动的船上的一根铅垂线或一个落下的物体将与船的甲板垂直，而非与地球表面上的某个固定点垂直。伽利略也证明，如果你直上直下地把一个物体抛入空中，那么它不会远远落在你的后面，而是会径直落在你的手里。这是对詹巴蒂斯塔·卡普阿诺做的一个实验的直接反驳。他也许是所有这些移动船只实验的源头，其中一些是真实的，一些只是思维试验。迪格斯并没有简单地翻译哥白尼的著作，而是在其最薄弱的点上强化了其观点。

在其宇宙示意图被发现后，迪格斯被认为是第一个没有把恒星描绘为排列在一个球体上的人。他让它们散落在那一页的外层边缘，直到它们不可见。此外，他也肯定认为，恒星无穷无尽。但是，迪格斯的宇宙有一个中心。因此，它并非真的无限，因为一个无限的宇宙不可能有中心。他认为每颗恒星都比整个太阳系还大，它们的距离必须真的远得惊人，否则当地球在其巨大的绕太阳轨道上移动时，它们的相对位置应该出现可以测量的变化。因此，如果它们将依然可见，那么肯定极其巨大。不过，迪格斯不认为太阳是一颗恒星，或恒星是另一些太阳。此外，他的宇宙是由他的神学形成的。被恒星占据的空间是天堂，是上帝、天使、选民的居所。太阳系是罪与罚的区域。迪格斯告诉我们，这个罪的世界是一颗黑暗的恒星，即“这颗我们生活在其上的、小小的黑暗恒星”。

实际上，迪格斯的宇宙图像，其无限的区域，它把恒星界定为天堂、把地球界定为地狱［也许，马洛（Marlowe）《浮士德博士》（*Doctor Faustus*，1592）中靡菲斯特（Mephistopheles）的名言“为什么这是地狱，我还不在它外面”表达的也是这个意思］。它把地球描述为一颗黑暗的恒星，来自被当时的英国学童们普遍阅读的一首流行诗

歌。这首诗歌名为“生命的十二宫”（*The Zodiake of Life*，拉丁语，1536），作者是马尔塞洛·帕林格尼奥·斯特拉托（Marcello Palingenio Stellato）。那首诗的第11卷迪格斯倒背如流，“并非常乐意经常背诵它”。迪格斯所做的事情是把太阳而非地放在斯特拉托的宇宙的中心。



迪格斯绘制的哥白尼宇宙图，恒星向外延伸到那一页的边缘，象征宇宙无边无际（来自《永恒的预测》，琳达—霍尔图书馆所藏1596年版副本，但这幅插图首次出现在1576年版本中）。

斯特拉托死后受到了宗教裁判所谴责，被指控否认基督的神性（他写的异端著作在他死后留下的文件中被发现）。他的尸体被挖出来烧毁。但是，新教欧洲对他拒绝基督教信仰一事一无所知（尽管在《生命的十二宫》中有大量暗示），他的反教权主义、宿命论有可能让人把他解读为即使并非真正的新教徒，也至少是新教观点的同情者。《生命的十二宫》被放在禁书索引中只会证实这一解读是正确的。对于他的英国出版商来说，并且或许对于迪格斯来说，他是“最具基督教精神的诗人”（1561），“虔诚、热诚的诗人”（1565），“优秀、具有基督教精神的诗人”（1576）。当然，布鲁诺敏锐地把他解读成了一个志同道合的人。迪格斯从没想到地球可能像一颗恒星那样发光，或行星是别的地球。太阳和地球是独一无二的，宇宙有一个中心。

把地球视为一颗黑暗星球的并非只有斯特拉托和迪格斯。1585年，乔瓦尼·巴蒂斯塔·贝内代蒂出版了一部论文集。在这部集子中，除了诸多别的东西，他还涉及了那个时代的宇宙学问题。就像迪格斯那样，贝内代蒂是一个现实主义的哥白尼派。但是，他比迪格斯更激进。他注意到月亮的路径在效果上是一个环绕地球路径的本轮，行星似乎穿过了一些本轮，就提出了一个值得注意的假说。他暗示，我们认为是行星的东西只是一些环绕黑暗行星运动的亮闪闪的月亮。这些隐藏的行星［套用《星际迷航》（*Star Trek*）的术语，它们“被披上了斗篷”］和地球相似，可能携带着生命。贝内代蒂的提议基于一种假设，即月亮和地球是由完全不同的物质构成的，月亮的反射性比地球要强很多。当然，月亮的暗斑反射性要弱一些，它们吸收了很多太阳光，而非反射太阳光。贝内代蒂坚持认为宇宙是球形的，但它被无边的空的空间包围着。

迪格斯和贝内代蒂没有读过布鲁诺的著作，所以他们没有碰到他的理论，即从远处看，地球和一颗星星难以分辨。然而，伟大的原型科学家、现代电磁研究的奠基者威廉·吉尔伯特（1544—1603）却读过

布鲁诺的著作，全面采纳了他的观点。吉尔伯特从迪格斯那里复制了那张无限宇宙的插图。但是，吉尔伯特明白，从月亮上看，地球会像一个巨大的月亮那样闪亮；从更远的地方看，它会像一颗星星那样闪亮（在这里，他的观点直接和贝内代蒂相左）。他认为，月亮有大陆和海洋，就像地球。就像布鲁诺那样，他认为海洋比陆地更亮。他觉得没有任何理由认为其他行星不应该完全像地球。

吉尔伯特在望远镜发明之前就绘制了第一幅月球地图，结果发现了它的天平动，即当它面对地球时，它会稍微上下、左右转动。这证实了他的一个信念，即行星在空间中自由飘浮。此外，吉尔伯特还第一个彻底与一种观念完全决裂，即天空中的运动必须是圆周运动。他的行星沿着穿越虚空的复杂道路行进，这样的道路能够解释月亮为什么看上去在空中摇摆。吉尔伯特的《宇宙论》（*On the Universe*）根本没有终篇（他卒于1603年，但它的一些部分似乎可以追溯至16世纪90年代初），但它直到1651年才出版。培根读过它的手稿，但没有时间整理它。在他看来，吉尔伯特对磁学的痴迷似乎是一种非理性的顽念，并且作为一种结果，吉尔伯特“用一个贝壳造了一条船”。

6

迪格斯、布鲁诺、贝内代蒂和吉尔伯特是现实主义哥白尼派小团体的成员。他们是新哲学勇敢无畏的先驱。但是，如果认为在自然科学究竟为何物及应该怎样建构它方面，他们有着共同理解，那将是错的。迪格斯是个合格的数学家。他讲授测量、航海、制图和军事工程。他用镜子和透镜试验，有人认为他有一架秘密的望远镜。他试图测量地球到1572年新星的距离并确定它在天空中，从而驳斥了亚里士多德哲学的核心主张，即天空中根本不可能有变化。（迪格斯认为它是一个奇迹事件，并且就它可能预示着什么，向英国政府提供了建议。）

贝内代蒂是一个堪与迪格斯比肩的人物。在数学和工程问题上，他是都灵的埃马努埃莱·菲利贝托公爵的顾问，在透视法、日晷的建造（其自身就涉及透视法问题，因为你必须把太阳的路径投射到一个平面上）、历法改革、下落物体的物理、地和水的问题上出版了著作。但是，他的宇宙学观点纯粹是思辨的和哲学的。

吉尔伯特是一位医师（他曾先后短暂地担任过伊丽莎白一世和詹姆斯一世的个人医师）。他选择从事一个对磁铁的作用进行试验性探索的项目，显然与制作罗盘和讲授航海的专家关系密切。他对月亮天平动的研究显示，他当时正在寻找新的观测，以便解决宇宙学问题。

就撰写早期现代科学史而言，存在一种陈旧的方法，其中哥白尼、迪格斯、贝内代蒂、吉尔伯特被呈现为科学家，尽管他们中没有一个人用过那个词。那种科学史认为他们致力于一种与现代科学存在连续性的活动；的确，他们都是哥白尼派，并且《天体运行论》的出版往往被（错误地）拿来标志现代科学的开始。然而，尽管也有着他自己的哥白尼学说，但布鲁诺却不是。布鲁诺阅读哥白尼的著作，讲授他的观点并就此著述；在哥白尼错的地方，他往往是对的。但是，他对测量或试验没有兴趣，觉得哥白尼过分痴迷于数学问题。哥白尼、迪格斯、贝内代蒂自称数学家，布鲁诺和吉尔伯特自称哲学家。哥白尼就天文学著述，贝内代蒂就“*physica*”（自然学）著述，吉尔伯特就“*physiologia*”（自然研究）著述。他们没一个是科学家，因为按照我们对那个词的理解，科学尚不存在。然而，牛顿是一位科学家。谁能质疑这一点？在17世纪初至17世纪80年代的某个时候，科学被发明了。

---

1. 现代早期制图员自称“cosmographers”（宇宙制图员），因为他们不仅绘制天空图，也绘制地球图，定期绘制成对的球体。“cosmography”（宇宙学）一词源自古希腊，因而是个传统词语；“cosmology”（宇宙学）则比较现代，最早不过16世纪下半叶。

2. 他们认为，水从海洋里蒸发并变成雨，雨滋养江河，江河流向海洋。但是，他们依然坚持，单单降雨无法解释河流的规模和从地下喷涌而出的泉水的存在。他们辩称，泉

水是从海洋那里被直接滋养的。这一观点一直活跃到了18世纪才被驳倒。例如，Vallisneri，“Lezione accademica intorno all’origine dellefontane”（1715）。他解释了水的地下运动如何受到了不同岩层的影响。

3. 令人难以理解的是，在刚开始其事业的时候，詹巴蒂斯塔被称作弗朗西斯科。

4. 此处内容见彩色插图3。在这种背景中思考对跖地，重要的是要忘记澳大利亚和新西兰（基本上没有被考察，直到18世纪）的情况。如果两个地方在球体上直接彼此相对，那么它们就互为对跖地。就普遍的看法而言，两球体理论使对跖地成为不可能，因为它把所有干燥的陆地限制在一个半球内。奥雷姆是个例外。他认为，就非洲到印度的距离来说，向西行可能比向东行短。因此，他显然认为，有些干燥的陆地180°还多地跨越了赤道附近的地和水联合球体，并从而作为一种有限的情况，那里有真正的对跖地。但是，他仍然坚持高纬度地区不可能有对跖地，因为至少一半的地球体必须被水覆盖着。

5. 此处内容见彩色插图6。

6. 如果我们从印刷资源转向手稿资源，那么可以找到一个新理论的清晰阐述。这一阐述出自写作于1505—1508年的一个文本，作者是杜阿尔特·帕切科·佩雷拉（Duarte Pacheco Pereira，见于Morison，Portuguese Voyages to America，1940，132—135）。佩雷拉写道：“因此，它遵循的是，地包含着水，海洋并没有像荷马和其他作家所断言的那样包围着地，而是地以其巨大、在其凹处和中心包围并包含着所有的水。不仅如此，作为知识之母的经验消除了一切质疑和误解。”这一理论似乎介于那种所谓的标准理论和博丹的理论之间。我们很快就将探讨博丹的理论。

7. 开普勒曾于1618年主张，海洋比陆地高的信条是视错觉的结果：Kepler，Epitome astronomiae Copernicanae （1635），26—27（相似的观点见于，Froidmont，Meteorologicorum libri sex，1627）。

8. 阿戈斯蒂诺·米歇尔（Agostino Michele）采取了这一观点，见Agostino Michele，Trattato della grandezza dell’acqva et della terra （1583），13。米歇尔基本是个自学成才者，因此没有被太认真对待。他有可能受到了一个事实的误导，即：我们的对跖地看得见我们看得见的一些恒星（因为在夜里，我们看到的不止恒星球体的一半），唯一看不见在它们的对跖地上能够看见的恒星的地方是南、北极。他肯定受到了另外一个事实的误导，即：韦斯普西表明他没有去到西欧的对跖地，但他没有说他没有去到旧世界某个地方的对跖地。如果想了解那种来自地理学的观点不容置疑的性质，可参见Benedetti，Consideratione （1579），14。

9. 不妨与但丁的同时代人莱维·本·热尔松做个比较。热尔松认为，存在与托勒密的本轮不相容的观测证据。他说：“没有什么论证能抵消感官感知到的证据，因为真正的见解必须符合现实，而现实不需要符合见解。”（Goldstein，“Theory and Observation”，1972，47）这样的主张能够为少数派观点辩护。在1492年之前，它们从来不足以解决一场智力辩论。

10. 正如我们已经看到的那样，大约在同一时间，人们普遍承认，热带地区不宜居的主张被证据驳倒了。

11. 与之相似的是，托勒密已经证明同心行星体系无法解释观测到的现象，但直到进入16世纪很久，哲学家们仍在试图创造这样一种体系。

12. 25年后，这三个人都谢世了，数量还差不多。1608年，我们可以把开普勒、伽利略、哈里奥特、斯蒂文算在里面。值得注意的是，在1572年的新星之前，只有雷蒂库斯是哥白尼的坚定支持者。

13. 亨利·萨维尔16世纪70年代初在牛津讲授的天文学科包含了“一字不差从拉米斯那里复制来的长长的段落……”（Goulding，“Henry Savile and the Tychonic World-system”，1995，153）。

14. La Cena de le Ceneri （1584）；De la causa, principio, et uno （1584）； De l’infinito universo et mondi （1584）； Spaccio de la Bestia Trionfante （1584）； Cabala del cavallo Pegaseo–Asino Cillenico （1585）； De gli heroici furori （1585）。

15. 在1616年后的那些年里，艾萨克·贝克曼仍旧持这种观点。他完全有理由自称是机械哲学的奠基者：Berkel，Isaac Beeckman（2013），98—99。

16. 如果想了解对宇宙中的左右、上下的进一步探讨，可看Oresme，LeLivre du ciel et du monde （1968，315—355，最初创作于1377年。奥雷姆认为，让地而非天空旋转的一大优势（由于反时针方向是正确的旋转方向，其中涉及左指针在右的上方通过）是，“上”会成为北，而非南；假如天空绕着地球转，“上”就必然是“南”。这会把我们置于更高贵的“上”半球。在后来支持哥白尼学说的论证中，这一点没有表现出来（尽管它对卡尔卡格尼尼来说依然重要；卡尔卡格尼尼，Opera aliquot，1544，391）。这大概是因为到了16世纪中叶，制图员已经抛弃了亚里士多德和阿拉伯人的南是上定向，采取了现代的北是上定向。

17. 对日心宇宙的信仰尚未受到天主教会的谴责，它直到1616年才被禁。这一禁令持续到了1758年，当时禁书名单撤销了对讲授日心说书籍的普遍禁令。哥白尼本人则一直被禁到了1822年。凑巧的是，我们不知道对布鲁诺的指控究竟是什么，因为当拿破仑征服了罗马时，记录其审判的档案被带到了巴黎（此外还有对伽利略的审判的档案，以及其他宗教裁判所文件）。在拿破仑被击败后，教皇收回了这些档案，但很多档案在返回途中不见了，也许是为了偿付费用而卖给回收再利用了。

18. 在布鲁诺之前，艾尔·巴塔尼（Al-Battani，858—929）和维特洛（Witelo，约1230—1290）： Horrocks，Venus Seen on the Sun ［2012］，73。

19. 哥白尼肯定期望他的读者相信球体和有限的宇宙（这两个问题是联系在一起的，因为由球体构成的宇宙必然是有限的），并且希望读他的著作的同时代人认为他自己也相信它们。但是，他做到了吗？他明确回避了宇宙是否无限的问题，他的弟子雷蒂库斯删去了赠本上的“orbium coelestium”（天球） （Gingerich，An Annotated Census，2002，xvi， 32， 135， 153， 209；罗森得不到的信息，见于他就这一主题做的注释：

Copernicus，On the Revolutions，1978，333—334）。罗森认为哥白尼相信物质球体，因为他使用了“sphaera”和“orbis”。但是，在《哥白尼天文学摘要》［Epitome astronomiae Copernicanae，头三卷被命名为“De doctrina sphaerica”（球体学说）］，开普勒使用了这两个词，并且他肯定不相信物质球体。他只是在迫不得已的情况下使用了传统词汇，为的是让他自己能够被理解。巴克尔（Barker）指出，哥白尼的球体并非严格的“相套”，因为它们之间有缝隙，但在其他方面采取了一种传统路线（Barker，“Copernicus，the Orbs and the Equant”，1990）。为了拥有一个有球体的哥白尼学说，就需要描述地球/月球系统是怎样被挂在一个球体上的。值得关注的是，这一点是缺失的。我怀疑哥白尼故意留下破绽，以便让人质疑他在这两个问题上的观点。

20. 也许有人指出，奥雷姆已经掌握了那一关键原则，即：圆形运动的结合能够产生直线运动的表象，明显独立于任何阿拉伯来源。（Kren，“The Rolling Device”，1971）

第2部　眼见为实

他们受骗了，因为认可他们听到的东西，

——托马斯·巴托兰，《解剖学历史》

（*The Anatomical History*，1653）

第二部分始于15世纪初，后面跟着一些与视力相关的问题，一直到18世纪。我们在第五章中的起点是绘画透视技法的发明，它涉及数学原理在绘画表现法上的运用。这些原理指引天文学家对测量距离产生兴趣，以便确定某些物体（新星）究竟在天空的什么地方。这些活动确立了对数学控制自然的力量的新信心。这一章将追踪这一过程，一直到伽利略。第六章将审视望远镜、显微镜对人的尺度感的冲击。在望远镜对准的巨大空间里，人类突然开始显得微不足道了。与此同时，在显微镜揭示的世界里，就连人们能够想象的最小的生物也似乎很复杂，结果人们普遍想象跳蚤身上也可能有跳蚤等，至于无穷。

第五章　世界的数学化

哲学是在这部非常伟大、总是在我们眼前摊开的著作里（我指的是宇宙）被撰写的，但你无法理解它，除非你先学会理解撰写它所采用的语言，辨认出被撰写在它里面的符号。它是用数学语言被撰写的，符号是三角、圆和其他几何图形。如果没有这些，那么就意味着，人不可能理解它。如果没有这些，那么人只能绕着一座黑暗的迷宫，不知所以地摸索。

——伽利略，《尝试者》（1623）

1

复式记账法至少可以追溯至13世纪。复式记账法的原则很简单，即每笔交易都被录入两次，记录者既作为贷方也作为借方。因此，如果我买了一根价值500英镑的金条，那么我从我的账户里支出了500英镑，同时又向我的资产表里增加了500英镑。如果我从别人那借了500英镑，那么500英镑是我账户的贷款，也是我的负债表中的债务。在文艺复兴时期，标准的系统涉及三本账。首先，是“流水账”，用来如实记录发生的一切，要尽可能详细，以便将来发生纠纷或混淆时查阅。接着，是登记簿，用来把你的记录变成一个交易表。最后，是适当的收支账，欠款和贷款被登记在对页上。如果你的收支账和登记簿对上，欠款和贷款对上，那么你可以相信账簿是精确的。每次你平衡了账簿，就能确定你是赚钱了还是亏钱了。记账因此成了理性投资的基础，使决定怎样划分一个合伙企业的利润成为可能。

讲授记账法是意大利数学家主要的谋生方式，是你在“*scuola d’abaco*”（算盘学校）学习的东西。在那里，算盘被用来把数字行列

加起来。复式记账就像任何数学技巧那样，有赖于抽象。记账法把每种东西都变成一种想象的现金价值，即使你其实不知道你究竟会不会出售它，或如果你出售你会因此得到什么。当两个合伙人分一笔生意的利润时，他们给手里的股份分配了一种想象的账面价值。

记账法和科学之间看似没有联系。但是，伽利略认为它们之间有联系。在1585—1589年，他自己或许就教过记账法。1585年，他不上大学了；1589年，他获得了他的首个大学职位。在此期间，他正为了生计而苦苦挣扎。有人曾向伽利略抱怨，他的落体定律不符合实际情况，因为下落的物体被空气阻力延缓，没有持续加速。他当时回应说，理论世界和真实世界没有矛盾，因为——

实际发生的情况……以相同的方式在抽象中发生。如果用抽象的数字做的运算和比例与实实在在的金银币、商品对应不上，那才真的稀奇……如果记账员想让他的计算对应糖、牛奶和羊毛，就必须给盒子、毛包和其他包装物打折扣。就像记账员那样，当数学科学家想在真实世界中识别出他在抽象中证明的效果时，就必须扣除物质障碍。如果他能这么做，那么我向你保证，情况将会和数学运算分毫不差。因此，错误不在于抽象性或具体性，不在于几何或物理，而在于计算者不懂怎样做真正的结算。

因此，复式记账法象征着一种尝试，即让真实的世界（一匹匹丝绸、一包包羊毛、一袋袋糖的世界）在数学上清晰可辨。它所讲授的抽象过程是新科学的一个基本先决条件。

2

在伽利略的时代，数学家的另一收入来源是讲授透视绘画法的几何原理。伽利略自己的数学老师奥斯蒂利奥·里奇（Ostilio Ricci）就给画家讲透视法。与复式记账法相比，透视绘画法是一种出现较晚的发明。它始于1401—1413年的某个时候，当时菲利波·布鲁内列斯基创作

了一件极为奇特的艺术品。这件艺术品已经不复存在，人们最后一次听说它是在1494年。那时候，佛罗伦萨美第奇家族统治者、豪华者洛伦佐（Lorenzo the Magnificent）去世了，这件艺术品被列在他的财产清单里。我们现在仅拥有一段相当凑合的对它的描述。那是安东尼奥·马内蒂（Antonio Manetti）于15世纪80年代写的。在布鲁内列斯基去世时，他23岁。马内蒂的描述莫名其妙、无法令人满意，但我们拥有的只有它。人们做出无数尝试，想复原布鲁内列斯基做的东西，搞清楚为什么与他同时代的人明白这个小东西代表着透视绘画的诞生。每种复原尝试都遭遇了困难，我们也无法从布鲁内列斯基那里获得有帮助的只言片语。但是，我们必须竭尽全力。

这件艺术品是一幅画在一块12平方英寸（0.01平方米）木板上的绘画。它表现了佛罗伦萨的洗礼堂（一座八角形建筑），以及两边的建筑。绘画的上部原本该呈现天空，却覆盖着一张磨光的银片。（布鲁内列斯基曾经学过金匠技艺，因此制作一个平坦、银质的表面对他来说不是难事。）在这幅绘画靠近底部的中间，布鲁内列斯基挖了个洞，观看者被邀请在绘画的背面从这个洞中观看。如果观看者正好站对了位置，也就是布鲁内列斯基在创作那幅画时想让他们站立的位置，并且在他们从后面透过那个洞看时把一面镜子举在面前，那么就会看到那幅画与真正的洗礼堂重叠。通过举高或放低镜子，他们就能够让自己相信，那幅画看上去和真的完全一样。由于观看者单眼视野中既有那幅画，也有真实的世界，以至于那幅画看上去更接近于三维的，真实的世界更接近于二维的。于是，这二者将变得更加相像。天空被映在绘画那层磨光的银中，结果云（如果有云的话）能够被看见。云在银上会被倒置，在镜子里会被再次倒置，结果云也会与现实对应。似乎可以公平地说，布鲁内列斯基的图像意在示范哲学家所谓的真理符合论。按照这种理论，如果一种陈述或描述符合外在现实，那么它就是真实的。

这种奇怪的窥视秀装置显然确保了观看者用一只眼既看着绘画，也看着洗礼堂，而几何透视取决于一个单一的视点。但是，为什么要用一面镜子？为什么不直接透过板上的一个小洞直接看绘画？很显然，一旦布鲁内列斯基给他的绘画的上部包了银，他就需要把它放在它能够映出天空的地方，然后如果要在那个特殊的时刻映出洗礼堂上的天空，同时与真实的洗礼堂重叠，那么就必须有一面镜子。不清楚的是，这究竟是他最初的动机，还是他后来决定加以利用的特点。

我想强调一下这一过程的奇怪性。如果你不放低镜子，而是放低绘画，那么你看到的将会是你自己。即使看着镜子里的绘画，当你直视着它时，看到的也将是自己的眼睛的瞳孔，并且会明白，画里有一个点与画家的眼睛对应或反映画家的眼睛。这个点后来会被称作中心点，并且正是灭点被放置在一个灭点结构中的那个点。观看者在窥视秀表演中扮演他们自己的角色，不断被提醒他们自己的角色，即在某个时刻他们使现实显现、消失，在另外一个时刻他们让自己成为自己查看的对象。布鲁内列斯基巧妙的构造起到了双重作用，一方面证明艺术可以成功地模仿自然，从而使二者几乎难以分辨；另一方面证明，即使是在艺术最为客观的时候（或者倒不如说，尤其是在艺术最为客观的时候），也是我们制造了它并且在它里面发现了我们自己。它既是一种新客观性的练习，也是一种新主观性的练习。

在创作了这一图画后，布鲁内列斯基又创作了第二幅，不过这次是佛罗伦萨市政厅和它周围的广场。我们也是从马内蒂那里了解到这一情况的。布鲁内列斯基这一次沿着天际线切割了木板，从而使观看者看见真正的天空（从多方面看，这都比磨光的银更为巧妙）。这一次没有镜子。这一物体也显然是场所特定的。你将站在布鲁内列斯基绘制它时站的地方。当被举起来时，那幅画将完全遮掩并准确复制那座真实的建筑。当它被放低时，你将看到那座真实的建筑。你可以前后走动，证实现实和图像之间的精确对应，构建并解构你自己的世界。

两幅绘画显然都避免了那种在一幅二维图像中展示纵深、平淡无奇的方法。二维图像要展示直角、与画面成直角延伸并汇聚在一个灭点上的平行线。最直观的例子是瓷砖地板。注作为替代，两幅画都肯定采用了两点透视，既不与画面平行也不与它成直角的线条聚在了画面自身左右的远点上。如果布鲁内列斯基想试验景深，那么他为什么不使用灭点透视？灭点透视简单，并且他也的确熟悉。举个例子，安布罗焦·洛伦泽蒂（Ambrogio Lorenzetti）于1344年创作的《天使报喜》（*Annunciation*）使用了瓷砖地板，并且集中平行线以创造一种景深感。注洛伦泽蒂没有完全把握透视构图的精巧，你可以看到玛丽的椅背比前面还高，天使的左脚还没有他的右膝向后靠得深。但是，他知道怎样画向后伸到远处的瓷砖地板。如果布鲁内列斯基只想创造一种深度印象，他完全可以用瓷砖地板显示内部。

那么，布鲁内列斯基究竟要做什么？标准的观点［可以求助于瓦萨里的《艺术家的生平》（1550年）来获得支持，尽管瓦萨里写作的时间远在那一事件之后］是，布鲁内列斯基在阐释透视绘画的几何原理。这一标准观点是阿尔伯蒂于20多年后的1435年在《绘画论》（*On Painting*）中总结出来的。《绘画论》奠定了一种悠久的、论述几何透视的写作文本传统。我们可以合理地假定，布鲁内列斯基已经相当精巧地把握了几何学。我们知道，他受教育有限。他的父亲确保他学了一些拉丁语，可能是想让他步自己的后尘，当公证员。但是，布鲁内列斯基决定做金匠学徒。然后，他从珠宝转向了建筑（他最著名的业绩是于1418年设计了佛罗伦萨大教堂的穹顶。这一作品是以古典样板为基础，和任何中世纪建筑都迥然不同）。然而，如果布鲁内列斯基最早于1413年掌握了透视几何，那么要解释为何没有早于1425年、体现了这些原理的画作存世，就变得有些困难了。说实话，人们过去认为，布鲁内列斯基之所以在1425年前后创作了他的示范图像，仅仅是因为学者们设想这些图像立即激发了新艺术和新理论。然而，最近的文件证据强烈暗示（正如马内蒂的文本所做的那样），布鲁内列斯基

的图像制作时间要早一些。这迫使我们重新思考他取得的究竟是什么。

有人曾主张，布鲁内列斯基和阿尔伯蒂都把中世纪光学理论应用到了绘画上。中世纪光学最早源于一位11世纪的阿拉伯创造者。他名叫伊本·海赛姆（Ibn al-Haytham），在西方被称为海桑（Alhazen）。他的著作被翻译成了拉丁语和意大利语。这些光学著作与“透视”有关，“透视”的意思是“视力的科学”。海桑已经证明光如何沿直线传播，所以视野有赖于一束锥形的直线从眼睛向外延伸到物体上。景深因而不是被直接体验到的，而是双目视觉的一个结果，是我们解释近物何以看起来大、远物何以看起来小的能力的结果。于是，要判断距离，我们需要一个参照点，即我们知道其距离和大小的一个物体。不难理解海桑为什么只关注我们怎样看，而不关注我们有可能怎样在一幅绘画里表现世界，因为具象艺术在他那个时代的伊斯兰教里是被禁止的。但是，难以理解的是他的中世纪继承者为什么没有发展他的理论，以显示艺术家有可能怎样应用它们。

一种说法是，即使大学里的专家没有明确探讨绘画，画家们也了解他们的理论。乔托（Giotto，1266—1337）在方济各教堂里做了他最重要的工作，而附属于这些教堂的修道院图书馆里碰巧拥有关于透视的关键文本。作为方济各的追随者，那些委派他工作的修道士热爱自然世界，因而渴望艺术中出现一种新现实主义。他们也许想让乔托制造一种纵深感，因为他们通过研究视觉理论了解到，我们通过把一种二维感觉（照射在眼睛上的光线）转化成一种三维体验，来了解世界。乔托的艺术包括使用幻景画法来创造不存在的柱子的幻象。有人提出，那是与他的雇主对话产生的结果。这很有可能，但需要着重说明的是，中世纪视觉理论提供了一种我们现在称为透视（在文艺复兴时期则被称作“人工透视”）的理论的元素，但它没有提供一种关于如何创造三维幻象的系统说明。如果它提供了，那么乔托就会完成透视革命，布鲁内列斯基的图像就没有必要，阿尔伯蒂就再没什么可说。

也许对于同时代的人来说，“没有什么东西是乔托不能以这种方式描绘以欺骗视觉的了”，但我们也许会怀疑乔托是否渴望创造与视觉现实完全对应的图像。在《向圣安妮报喜》（*Annunciation of St Anne*）中，穿墙飞进来的那个天使是否意在精确展现马利亚看到的情景？(注)这一问题肯定被放错地方了。乔托想传达的现实不仅仅是视觉的，而在布鲁内列斯基的试验作用里，几何精确度是他整个且唯一的着眼点。

我们的确知道，在探索新建筑形式的过程中，布鲁内列斯基曾研究了现存的古罗马经典建筑，其中涉及测量、绘制平面图和正视图。因此，他应该熟悉那一基本原理，即物体退向远处时，它们显得小一些。欧几里得曾分析过这一原理，中世纪的人们熟悉它。根据这一原理，如果你知道它有多远，并且测量从你所在的地方看到的它的顶部和底部形成的角度，那么你就能够计算出它有多大。当他在1402—1404年测量罗马城里现存的经典建筑的高度时，布鲁内列斯基应该在应用这一知识上有过大量实践。但是，这个原理一点儿也不新，它所产生的知识的有用性应该在绘制标准正视图中最为明显，而非在绘制透视图像中，因此难以理解为什么它会突然产生一种新的艺术表现。

因此，关于什么使透视绘画的发明成为可能这个问题，我们似乎拥有各种可能的对答案有所贡献的元素，其中包括几何学的应用、中世纪光学以及对古老建筑的测绘。但是，它们似乎并不十分充分。我认为，没有被列出来的那个关键元素是由佛罗伦萨那个名为菲拉雷特（“卓越的爱好者”）的艺术家提供的。他写过一部建筑学著作。该著作完成于1461年，实在是我们最早的资源。菲拉雷特比马内蒂大23岁，因此可能更了解布鲁内列斯基的世界。菲拉雷特相信，布鲁内列斯基之所以提出他的新透视画法（他根本没有详细描述它），是因为对镜子的研究。镜子的确是艺术（和真实）对应理论的明显来源。它不仅在一个二维表面上提供了三维外观，还让回答“从这里看洗礼堂有多大”这个问题变得容易了。与仅仅拿着一面镜子相比，尝试通过测量角度和距离来回答这个问题会复杂得多。镜子充当了测量仪器。它之

所以能如此，是因为当一束来自一个物体、呈锥形的光线经过一个平面时，它反射了它们。这提醒我们注意我此前没有提到过的布鲁内列斯基窥视秀的一个特征，即按照马内蒂的说法，他站在教堂的门厅里。他的视野因而会被门厅框住。说实在的，他的画也许只是复制了框子内的景观，就像他正在透过一个窗子张望那样。

菲拉雷特评论说，布鲁内列斯基的木板全抛过光。有人据此得出结论，布鲁内列斯基画了一面镜子。但是，马内蒂曾经把那块木板拿在手里，肯定会注意到这一点。更有可能的是，他把他的木板和一面镜子并排放在了一个画架上。这解释了布鲁内列斯基的第一个图像为什么那么小，因为在15世纪伊始，质量好的镜子很罕见、很昂贵（与威尼斯镜子相伴的那场革新一个世纪后才发生），并且玻璃镜一直都不大。当然，照着镜子画会产生一个相反的图像。布鲁内列斯基之所以对看着他的绘画被映在一面镜子上感兴趣，原因就在于此。他很高兴手里有面镜子。洗礼堂的确是个对称的建筑，这意味着一个相反的图像应该很像一个正常的景观。但是，马内蒂告诉我们洗礼堂两边的广场都能被看见，并且就连一个对称的建筑上也会有标志（例如阴影和苔藓）是不对称的。借助镜子画画也会让布鲁内列斯基卷入一场无休无止的斗争。他应该想看到洗礼堂在没有扭曲的情况下被映在一面镜子里，但如果他直接站在镜子前，那么他看到的将会是他自己（用镜子画自画像之所以容易，原因就在于此）。他的窥视秀构造的特征是，观察者既在看他自己，也在看那幅画。这不过是重复了这一较早的矛盾。

布鲁内列斯基曾经看着映在一面镜子里的他的画，为的是以适当的方式看到它。应该大约在这个时候，他意识到，他可以把抛光的银放在木板上，来映出天空。也是在这个时候，他可能做出了一个不幸的发现，即在一面镜子里看他的图像将产生将其高度减半的效果。这幅画原本是要从教堂的门厅里看时大小完全与洗礼堂对应，却可能会以1/4大小终结，因为镜子的效应会把观看者和洗礼堂之间清晰可见的

距离翻倍。当然，布鲁内列斯基可能预见到这一问题，并把他的图像放大以允许它。但是，他知道他做不到，因为我们知道，他想让观看者站在他画那幅画的地方，也就是在那个门厅里。此外，很容易证明，站在那个位置，一个1平方英尺（约0.1平方米）的图像会对应洗礼堂显而易见的大小。为了放大以允许第二次反映，布鲁内列斯基的木板将需要拥有4平方英尺（约0.4平方米）的面积，而非1平方英尺（约0.1平方米）。

那么，除了借助镜子开展工作的困难，布鲁内列斯基还从他的窥视秀里学到了什么？他在第一幅图像中显示，透视绘画涉及确立图像透过它被看到的显像面。他把这一新了解进一步应用到了他的第二个图像中，即市政厅图像。也许，他这一次是从在两面镜子中被创造的一个图像着手的（菲拉雷特推荐的一种过程）。也许他刚开始透过半透明的羊皮纸看，并直接用墨水在上面画出了一个轮廓。阿尔伯蒂第一个设计了（*cuius ego usum nunc primum adinveni*，“对我就在最近第一次发现的东西的运用”；“*primum adinveni*”往往被翻译成“发现”）一种透过一个网格看的方法，并将网格的各条线用作参照点。或者，至少他在拉丁文本的《绘画论》（1435）中声称发现了这一方法。在意大利语版本中，这一说法则没有出现。阿尔伯蒂说，他不明白，不使用他的方法，人们怎么可能在透视绘画中取得哪怕适度的成功。当此之时，有人开始怀疑布鲁内列斯基可能已经捷足先登，而阿尔伯蒂对自己的文本的修正有可能被用来证明他后来发现的也差不多是那样。这一方法后来广为人知，并且被莱昂纳多、丢勒、维尼奥勒（Vignole）等人加以阐释（见彩色插图16）。

如果这种再现是正确的，即布鲁内列斯基是通过表现他在一面镜子里看到的东西开始的，那么他正学着理解的东西有两点。其一，透视绘画涉及确立一个透过它可以看到景观的显像面；其二，艺术家的任务是创作一幅图像，这幅图像要与显现在被放在显像面的一块玻璃上的那幅图像对应。当阿尔伯蒂把一幅画比作你透过它看到外面景观

的一扇窗户时，他援引的正是这一原理。这一原理也导致丢勒宣称，“透视”一词来自有“透过看”意思的拉丁语单词“*perspicere*”，其实它来自那个单词的“看清楚”这个意思。布鲁内列斯基发现的不是灭点或距离点构图。他并没有投入复杂的测量或复杂的几何结构，即使他有能力从事它们。他已经明白把着色面看作一块你透过它看的玻璃。他还明白了某种极为重要的东西，即要想让一个透视构图发挥作用，艺术家和观看者必须从同一地方观看，并且绘画中有一个直接与艺术家的眼睛相对的点对应着这个地方。透视绘画好像是对现实所做的绝对客观的表现，然而这有赖于一个观看者以恰当的方式看着它，且当他这么做时，观看者实际上能够以与那幅画相关的方式安排自己的位置。布鲁内列斯基的绘画并不拥有灭点，但它们的确拥有被安排了位置的观看者。

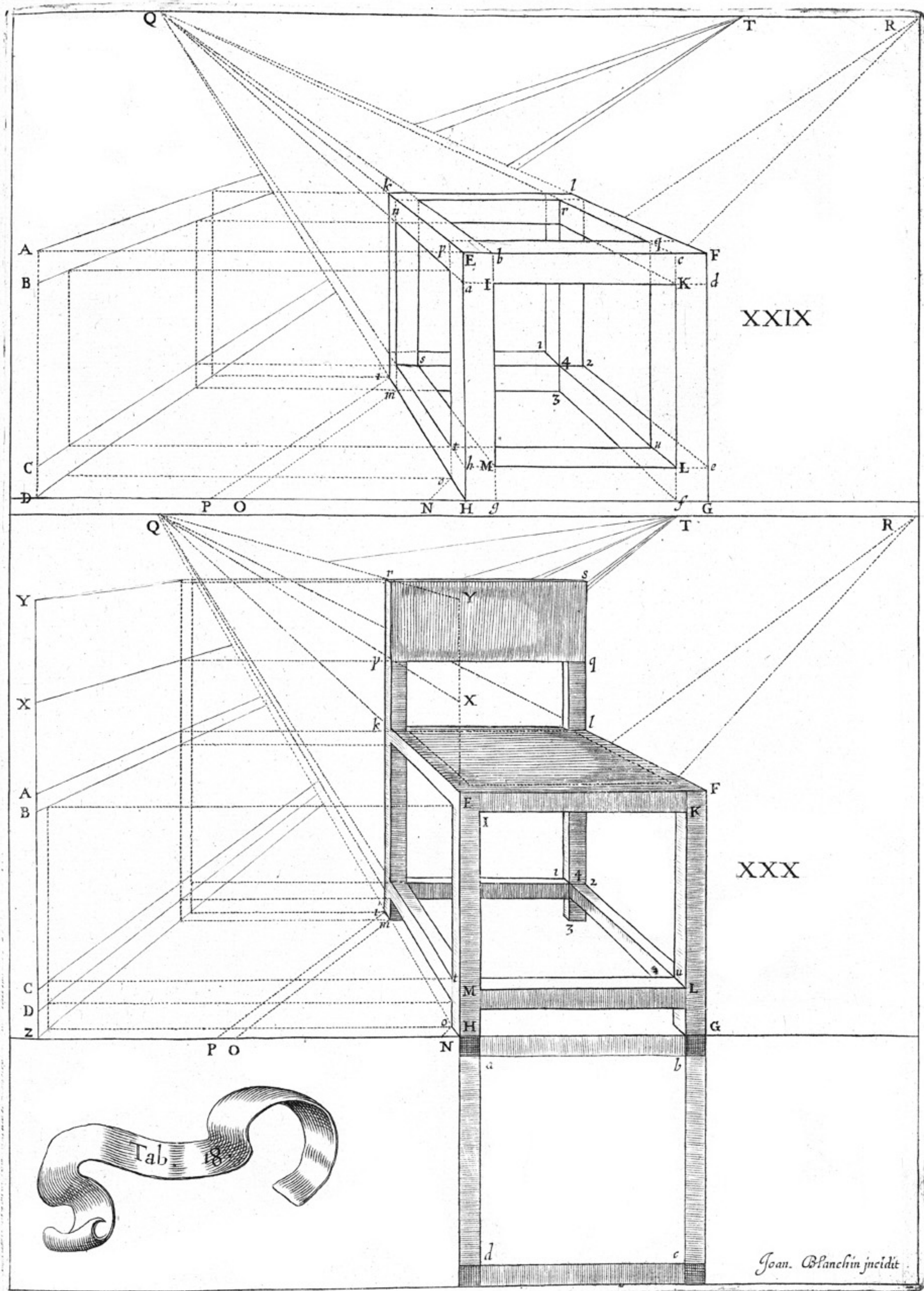
3

在布鲁内列斯基进行了初次研究后，大约过了20年，马萨乔的著名画作《三位一体》（*The Trinity*，约1425）问世了。这是第一幅全面掌握了透视画法技巧的大型画作。(注)马萨乔的画作呈现了一座筒形拱顶小教堂前的十字架上的基督。但是，那座小教堂当然是不存在的，而是一座完全被画出来的小教堂。布鲁内列斯基的研究和马萨乔的画作的区别是，布鲁内列斯基在表现现实，而马萨乔则在表现一个想象的空间。你可以利用各种显像面技巧来画现实，但如果你想画一个想象的世界，那么就必须搞清楚如何构建那个世界，以便它显得令人信服，在审美上令人满意。你必须决定你要把灭点和/或距离点放在那里。你必须大致画出一个交叉线条构成的网格。你必须运用几何原理。我们知道，马萨乔正是这么做的。我们能够看到，在那个他作画的灰泥面上，他画了线条。我们知道，布鲁内列斯基和马萨乔讨论过透视，阿尔伯蒂很快就要写一本几何透视教科书。

于是，马萨乔好像担负起了透视画法下一阶段发展的重任。这一阶段无疑是关键阶段，因为文艺复兴艺术大多是宗教艺术，而宗教艺术几乎从来不是现存现实的直接表现。当然，马萨乔有模特儿。马萨特的赞助人，也就是那些为他的画作付钱的人，出现在了两边，跪着。马萨乔很可能观看过一座真实的、筒形拱顶的小教堂，并复制了真实的柱子。但是，要把这些元素画在这堵墙上，他必须画出草图，画交叉线条，算出尺寸并且按比例缩小。他必须构筑一个理论空间，而这个空间将成为一个绘画空间。

因此，透视绘画涉及理论在特殊环境中的应用。它提供了一种由空间里的线条构成的抽象描述，从对象开始，透过显像面，抵达眼睛；还提供了一种关于这些线条怎样显现在显像面自身上的描述。它训练眼睛按照几何形状思考。在这方面，尼西隆神父（Father Niceron）的《奇妙的透视》（*Curious Perspective*，1652）提供了一个简单明了的例子。他解释了怎样绘制变形的形状。这些形状就像霍尔拜因（Holbein）的《大使们》（*Ambassadors*）中的头骨。只有当你看它的位置与绘画表面成锐角时，它才能呈现为一个头骨。但是，他首先必须训练读者理解、表现形状。

以他对怎样画一把椅子的示范来说。首先，他展示了怎样画一个简单的长方形框子。然后，他给它添加椅背和椅腿。结果，就出现了一个包豪斯风格的椅子。原因很简单，它是由最简单的几何形式构成的。它的样子根本不像一把17世纪的椅子，因为17世纪的椅子不会完全没有曲线和装饰。只要看一眼卷曲的缎带即可，它充当了一种标志，让人一窥那个时期的审美观。那把椅子是一把抽象或理论的椅子，不是一把真正的椅子。学会这样看包含学会在比较复杂的物体内分离出数学形状。


XXIX
XXX
Tab. 18
Joan. Blanchin incidit

一把椅子被简化成一个几何结构问题，来自尼西隆《奇妙的透视》（1652）。

自然地，只要艺术家熟悉了透视表现的几何技巧，艺术家就会迷上数学形状，痴迷于画它们所遭遇的困难。莱昂纳多自己给卢卡·帕乔利（Luca Pacioli）的《神圣的比例》（*On Divine Proportion*，1509）提供了插图。他们两人显然是好朋友，都受雇于米兰公爵卢多维科·斯福尔扎（Ludovico Sforz）。1499年，当米兰落到法国人手中的时候，他们一起逃到了佛罗伦萨，并同居一室一段时间。在帕乔利的一幅肖像中，我们看到了两个这样的图形。其一，是一个12面体（一种有12个面的正多面体），居于帕乔利所著的一本书的顶部；其二，是一个菱形立方八面体（一种对称的多面体，有26个面），由玻璃制成，半埋在水里。[注]第二个多面体从空的空间的那根细线上垂下来，是一个装饰品，它受到光线照射的方式和它的几何形状一样有趣。

肖像画中的帕乔利正在给一名学生解释一个来自欧几里得的问题。欧几里得的著作摊在他的书桌上，他正在一块书写板上画理解那个问题所需要的图形，书桌上散乱地放着他的绘图器具和装它们的管状小盒子。与他的学生不同，帕乔利没有看着我们（他正在深思）。但是，我们看着他，因为他的眼睛位于中心点，正对着艺术家的眼睛和我们的眼睛（正如他拿的尖笔所强调的那样）。那个英俊的贵族青年的眼睛被导向了艺术家或我们。帕乔利是个数学家。为他作画的艺术家也肯定是个数学家，正如他对复杂的数学形状的理解所显示的那样。[注]在描绘一位数学家的过程中，艺术家也在描绘他自己的变体。有人甚至认为，画作中的那个年轻人是自画像。如果真是这样，那么那双被导向观看者的眼睛就是一幅镜中形象的一个标志，暴露了实情。[注]

我怀疑这一点，也怀疑把这归于雅各布·德·巴尔巴里（Jacopo de’Barbari）。在书桌上，那个年轻人的前面有一张纸条，纸条上停着一只苍蝇。纸条上写着“Iaco.Bar.Vigennis.P.1495”。这曾经被当作一个

签名，于是画家被确定为雅各布·德·巴尔巴里。不过，这幅画看上去根本不像他的作品，并且在1495年，他不止20岁，而是老多了。㊟好像还没有人提出那种明显的解释，即那张纸条确定的不是画家，而是那位年轻人［“P.”指的是“*pictum*”（被画的人），而非“*pincit*”（画家）］，他很有可能20岁。名叫“Giacomo”且姓氏以“Bar”开头的意大利人太多了（Bardi、Barozzi、Bartolini、Bartolozzi等等）。既然那幅画最初有献给乌比诺公爵基多贝尔多·达·蒙泰费尔特罗（Guidobaldo da Montefeltro，帕乔利的学生）的题词，并且被挂在他的更衣室，那么我们也许可以假定“Iaco.Bar.”是他的一个朋友，他在和那位朋友对视。为什么要记下那个年轻人的名字，哪怕以缩写形式呢？那么，明显的解释似乎再次是，那幅画是某种纪念，也许他死了，也许他离开了。

因此，那幅画属于乌比诺的宫廷生活。正是在基多贝尔多的图书室里，波利多尔·维吉尔创作了《关于发明》。那是一个极佳的房间，不仅藏书丰富，还装饰着金银。在这样的房间里工作，让维吉尔对世界的认识发生了扭曲。维吉尔声称，在他生活的时代里，任何学者都能接触到自己需要的任何书籍，无论多么贫穷。基多贝尔多的宫廷后来因为卡斯蒂利奥内（Castiglione）而闻名。卡斯蒂利奥内的《廷臣论》（*Courtier*，1528）中记录了所谓的发生于1507年的讨论，而讨论进行地就被设在了那里。基多贝尔多本人从未出现在卡斯蒂利奥内的书中，因为他卧病在床，管事的是他的妻子伊丽莎白。

帕乔利的肖像阐释了透视被发现后数学与艺术携手而行的方式。皮耶罗·德拉·弗兰切斯卡（Piero della Francesca）撰写了大量数学文本［现有两种存世，分别是《算盘论》（*The Abacus Treatise*）和《5种正多面体短论》（*The Short Book on the Five Regular Solids*）］，解决了一些实际问题，如怎样计算出一个锥形堆里有多少谷粒，或一个桶里有多少葡萄酒。他还写了一本关于透视的著作，即《绘画透视》（*On Perspective for Painting*）。上述问题把实有的物体（谷堆、葡萄酒桶）转化成了抽象图形，从而可以把数学原理应用到它们上面。帕

乔利的著作整体复制了来自皮耶罗的著作的材料。帕乔利不仅是莱昂纳多的朋友，也是阿尔伯蒂的朋友，年轻时曾和他们相处了几个月。他自己不是艺术家，但《神圣的比例》探讨了黄金分割、建筑原则和字体设计。帕乔利现在主要以史上首次绘有12面体的那本厚书而闻名，即《算术、几何、比例和比例性纲要》（*A Compendium of Arithmetic,Geometry,Proportions and Proportionality*，1494）。这是一部应用数学教科书，其中包括首次出版的对复式记账法的描述。复式记账并不新，但印刷是新的，因此帕乔利当时正在利用一个显而易见的机会。

4

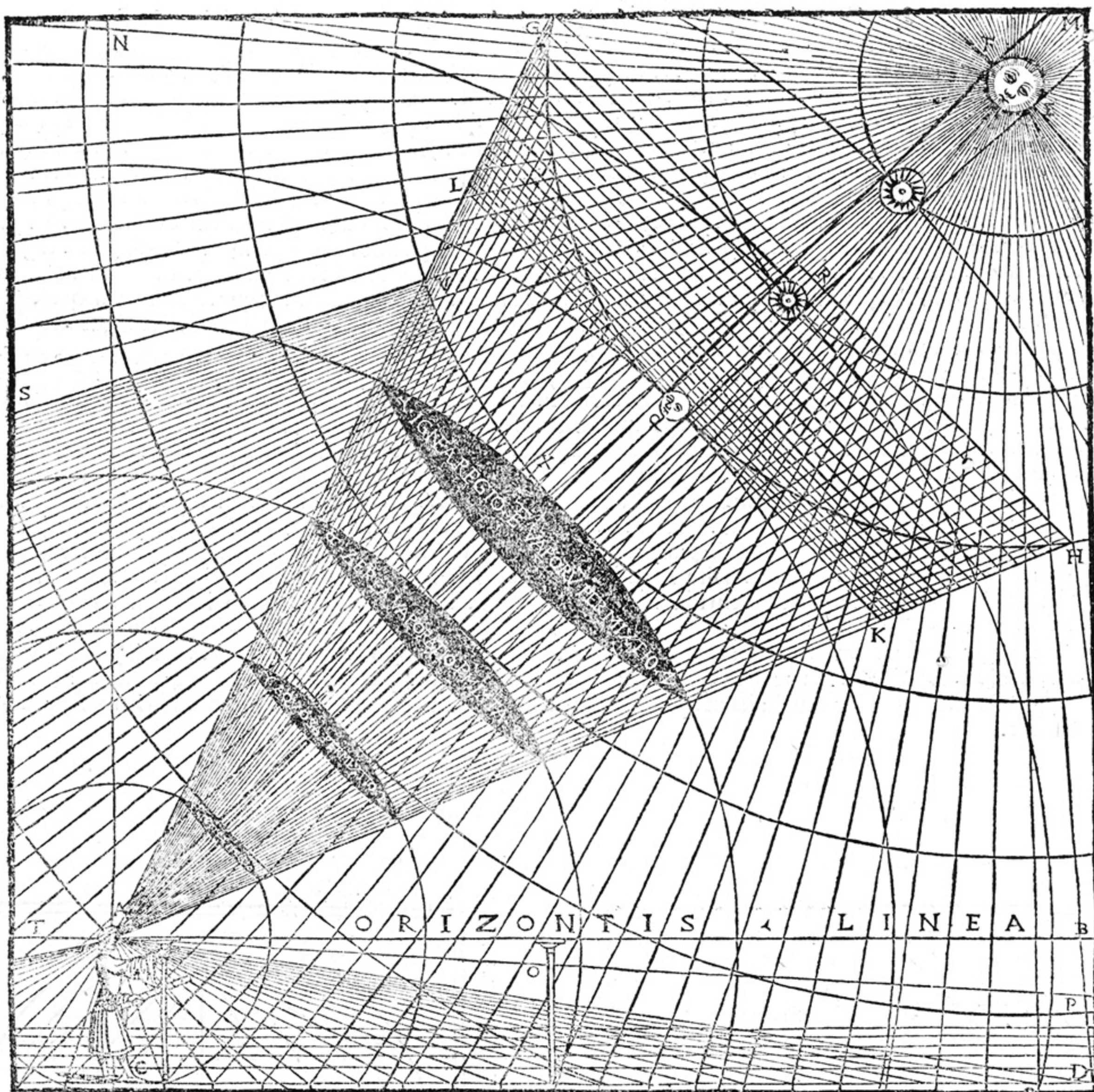
透视绘画通常包含一种特殊的抽象形式，即灭点的构建。有必要指出，那个词自身相对比较现代，在英语中可以追溯至1715年。阿尔伯蒂把它称作中心点（*il punto del centro*），而在很多早期文本中，它只是被称作视野。但是，阿尔伯蒂很清楚，一幅一点透视的绘画中的图像延伸到了“几乎无限的距离”。对于文艺复兴时期的知识分子来说，这是一个令人深感困惑的观念。亚里士多德的宇宙是有限的、球形的。此外，它没有被无限的空间包围，也没有空的空间这种东西。说实在的，亚里士多德真的没有空间观念，以区别于填充在空间里的物体。于是，对亚里士多德而言，所有空间都是有限的，无限延伸的观念在概念上自相矛盾，就像真空的观念那样。

当然，在欧几里得几何中，情况却并非如此。在欧几里得几何中，平行线可以无限延伸而不交叉（海桑的光学或许也是如此）。但是，如果你眺望无限渺远的远处，你什么也看不到。那么，如果你想借助一个灭点工作，它有助于拥有一种无的概念。欧几里得缺少数字“0”，“0”是在13世纪初和我们所谓的阿拉伯数字一起被引入西欧的（实际上，那10个数字里只有1个是阿拉伯数字，其他都是印度数字）。阿拉伯数字使以纸张为基础的复式记账会计成为可能。“0”太有

用了，尽管它非常神秘。或许，只有拥有数字“0”的文化才明白，灭点既可以是一个一无所见的点，也可以是阐释一幅画的关键所在。

作为灭点的一个结果，艺术家发现他们自己同时生活在两个无法比较的世界。一方面，他们知道宇宙是有限的。另一方面，透视几何要求他们把它当成无限的来加以思考。切萨雷·西塞利亚诺（Cesare Cesariano）对维特鲁维斯著作所做注释提供了一个不错的例子。西塞利亚诺提供了一些完全传统的亚里士多德宇宙的插图，将其画成一系列有边界的球体。但是，当他介绍测量距离的思想时，他想象了测量到太阳和行星的距离，并一直向上、向外测量。他明确表示，从观察者开始、经由T和M（下图）的那些线延伸到了无限。就这样，透视给一个有限的宇宙引入了一种反常的无限概念。

在把握这一点上，艺术家遇到了问题。在早期透视绘画中，灭点经常被一只似乎无意放置的脚或一点帷帐遮掩。在宗教形象里，潜藏的无限之存在可以排上不错的用场。于是，马萨乔的《三位一体》中的灭点刚好在坟墓的上方，处在显然没有特色的空间里。但是，在那幅画里，坟墓前面原本有一个祭坛。当牧师把它升高到弥撒所在的惊人高度时，也就是化体出现的时候，灭点会立即处在主的后面。这是观看者的眼睛被吸引过去的那个点。（在为主提供背景方面，马萨乔的画太成功了。它迅速在神龛的设计中被复制。所谓的神龛是一些木制盒子，被用来保存神圣的主。）与之相似的是，在马萨乔的《献金》（*Tribute Money*）中，灭点位于基督的头部后面。



测量宇宙，来自维特鲁维斯的《建筑十书》（*De architectura*，1521），伴有切萨雷·西塞利亚诺所做的注释。

天使报喜是鼓励艺术家探索灭点的一个特殊主题。马利亚的子宫通常被比作一座封闭的花园［《雅歌》（*The Song of Songs*）中说：“一座封闭的花园是我的妹妹，我的佳偶；一座花园被封闭了，一眼泉水被封上了。”］于是一扇通向一座花园、关闭的门通常被放在灭点上。但是，基督的化身向人归还了获得拯救的可能性，重新打开了曾经对亚当和夏娃关上的伊甸园的门，向信众打开了天堂之门。因

此，一扇通向一座花园、打开的门可以象征拯救。此外，上帝当然是无限的，因此天使报喜象征着有限的人和无限的神之间的相遇。在皮耶罗·德拉·弗兰切斯卡的《天使报喜》（*Annunciation*）中，灭点似乎只是被用于唤起无限的存在，大理石的旋涡图案成了不可见、不可理解的上帝的象征性表现。注

然而，在世俗绘画中，灭点必须受到控制，因为人的世界是有限的、受到限制的。于是，在一幅描绘了一座理想城市的画中，广场两边的建筑指向了远方，但那个空间却被一座教堂封锁。在教堂里，半开的门寓意人们可以进一步探索，但只能在一个封闭的空间里。注即使这里可以发现无限，它也处在一个封闭的宗教空间之中。这幅画可以追溯至1480—1484年，被归于弗拉·卡尔内瓦莱（Fra Carnevale）。在乌切洛（Uccello）的《夜间狩猎》（*Hunt by Night*）中，灭点多得惊人，并且全都指向了黑暗。看画的人会强烈感到，迷路太容易了，牡鹿太容易逃掉了。这幅画是一出以消失思想为基础的戏剧，因为观看者的视线消失在了黑暗之中，而非消失在无限的距离之中。

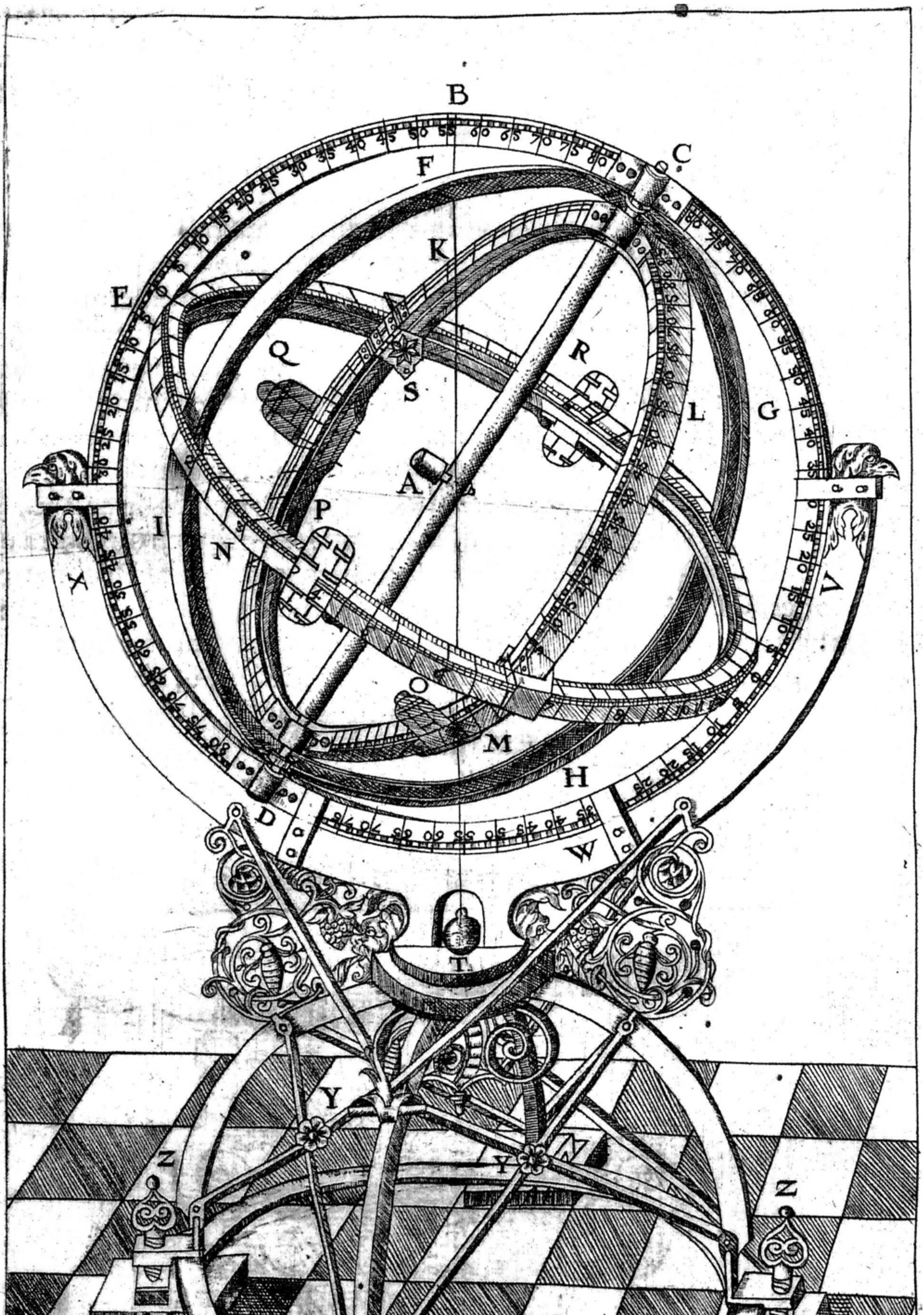
5

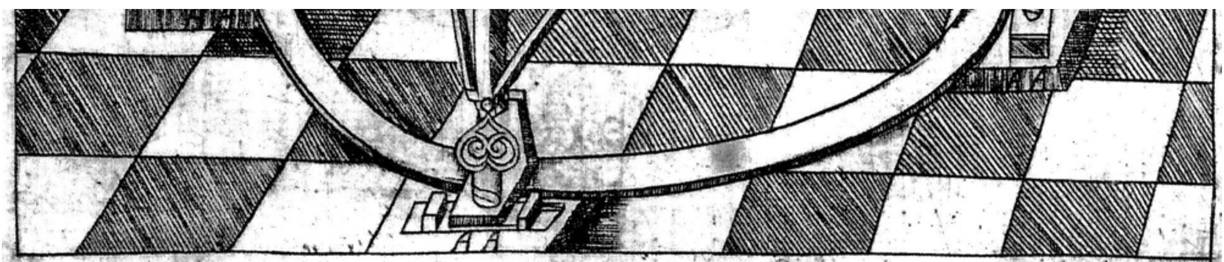
到了15世纪中叶，艺术家正在试验无限、抽象、无差别的空间思想。他们知道这一思想存在问题、反常，但他们也知道，如果没有它，透视画法也就不可能存在。艺术已经避开或部分避开了亚里士多德，并且是在几何与光学的指导下这么做的。但是，透视也鼓励了一种以三维看世界的新方式，鼓励了一种记录人所看到的东西的新方式。这使看见此前无人看见的东西成为可能，使做此前无人做过的事情成为可能。

在透视绘画之前，如果你想设计一台机器，就必须先尝试制作它，或制作它的模型。但是，一旦工程师获得了画三维图纸的能力，他们拿着钢笔或铅笔就能设计了（铅笔大约于1560年前后被发明）。

莱昂纳多·达·芬奇（1452—1519）设计了大量从来没被建造的机器，其中有很多（例如一些飞行器）根本就建造不了。彩色插图15展示了他的棘轮绞车设计图，绞车是被拆开（或分解）展示的，为的是显示它的组件。每个轮子都附属于一个棘轮系统。如果你拉动与绞车组件相连的杠杆，一个轮子就会抓紧并转动车轴，车轴则举起重物。如果你推，另外一个轮子抓紧，但它被连上了，以便车轴仍朝同一方向转动，重物则继续上升。由于与转动曲柄相比，你能对杠杆施加更大的拉力和推力，它在提升重物上比曲柄机械更有效。莱昂纳多所绘的图很清晰，足可以让人制作那台机器的一个模型，展示它的功能。从这样的绘图到现代设计图，仅有一步之遥。莱昂纳多的草图无疑是按比例绘制的，以水平更高的放大图展示了棘轮机械的细节。

当然，按照图纸制造一台真正的机器并不简单。如果制造莱昂纳多的绞车，你需要什么工具呢？如果你正在举起一个重物，使劲地拉杠杆，驱动机械的木钉就会承受相当大的力量。如果你要制造它们，那么需要哪种木头呢？现代早期的绘图书籍主要是为了宣传工程师的技能，不是给你提供你如法炮制所需的信息。即使是狄德罗和达朗贝尔（d'Alembert）的《百科全书》（*Encyclopaedia*，1751—1772），它里面的详细插图似乎也只是为了帮你了解能做什么，而非教你怎么做。然而，存在通过印刷媒介把设计图成功传递的例子。1602年，第谷·布拉赫出版了《天文学复兴仪器》（*Instruments for the Restoration of Astronomy*），其中提供了他为进行天文学观测设计的新仪器的详细插图。17世纪70年代，在北京，在从未看过布拉赫的原物情况下，耶稣会天文学家南怀仁（Ferdinand Verbiest）建造了基于布拉赫的设计的仪器。


B
C
F
K
E
Q
R
S
L
G
A
P
I
N
X
V
O
M
H
D
W
T
Y
Y
Z
Z

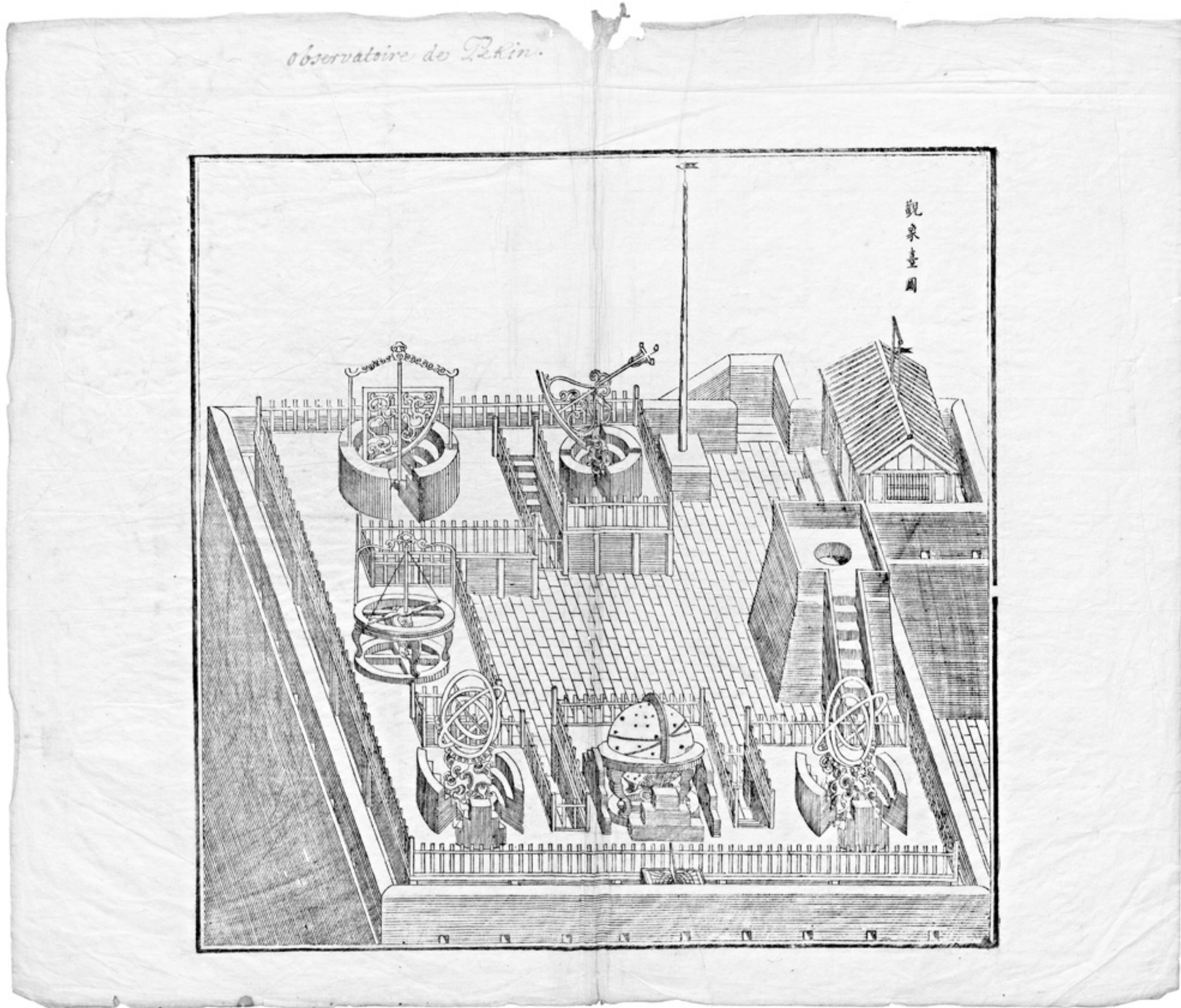


第谷·布拉赫的赤道经纬仪设计图，来自他的《天文学复兴仪器》（*Astronomiae instauratae mechanica*，1598）。

除了是艺术家、建筑师和工程师（所有这些都需要运用几何和透视中相互关联的技能），莱昂纳多还基于对动物和人的解剖，进行了认真的解剖学研究。但是，尽管他似乎有出版的计划，却从来没有出版。解剖学革命是伴着安德烈亚斯·维萨里的《人体之构造》（1543年）的出版降临的。维萨里（当时正在帕多瓦大学执教）雇用了威尼斯提香工作室的艺术家，按照可能最高的标准来绘制插图。插图还配着字母文本标签。在莱昂纳多的绞车图纸中，作者也在用字母标注，并且这一做法无疑源于几何图形。但是，就其在解剖学的系统应用而言，维萨里是第一人。维萨里因此可以向读者展示他在人体内看到了什么。在威尼斯生产的雕版插图然后翻过了阿尔卑斯山，被带到了巴塞尔，因为维萨里不相信威尼斯的出版商能生产质量很高的产品。

维萨里的《人体之构造》意在主张，人的感官证据肯定优于盖伦的文本。中世纪的解剖学家讲课时，经常朗读盖伦的文本，并发表评论。助手们则打开尸体，意在证明盖伦的观点，而非纠正其错误。但是，即使当中世纪的解剖学家自己做解剖时，他们发现的（或认为他们已经发现的）也是盖伦告诉他们去发现的东西。举个例子，中世纪第一部解剖教科书的作者蒙迪诺·德·里尤兹（Mondino de Liuzzi，1270—1326）有着丰富的实践经验，但他依然按照盖伦的说法，在人脑底部发现了血管的“神奇的网络”，完全不管那里根本没有这种东西。其实，它仅存在于有蹄动物里。莱昂纳多也做试验，但他依然认为他发现了一根把男性阴茎连到脊髓并进而连到大脑的管子。他认为，从它往下流动着的物质成了精液的一部分，并且是生殖不可或缺的。雅各

布·贝伦加里奥·达·卡皮（Jacopo Berengario da Carpi）是第一位根据直接经验正式不认同盖伦观点的解剖学家。他的《解剖学》（*Anatomy*）于1535年出版，仅比维萨里的《人体之构造》早了几年。只有在一种托勒密、盖伦等伟大古典作家的权威已经开始被削弱的文化里，才有可能开展维萨里的《人体之构造》那样的项目。在这方面，哥白尼和维萨里的伟大著作出版时间的巧合指向了一种根本性的共通点，即在他们生活的世界里，新的创新文化已经给了对古代的尊敬致命一击，至少在喜欢智力冒险的人中是这样。



北京帝国观象台，来自南怀仁的《新制仪象图》（*Xinzhi Yixiangtu*，“pictures of newly made instruments”），是在1668—1674年绘制的，显示了那位耶稣会传教士按照布拉赫的设计图制作的仪器。

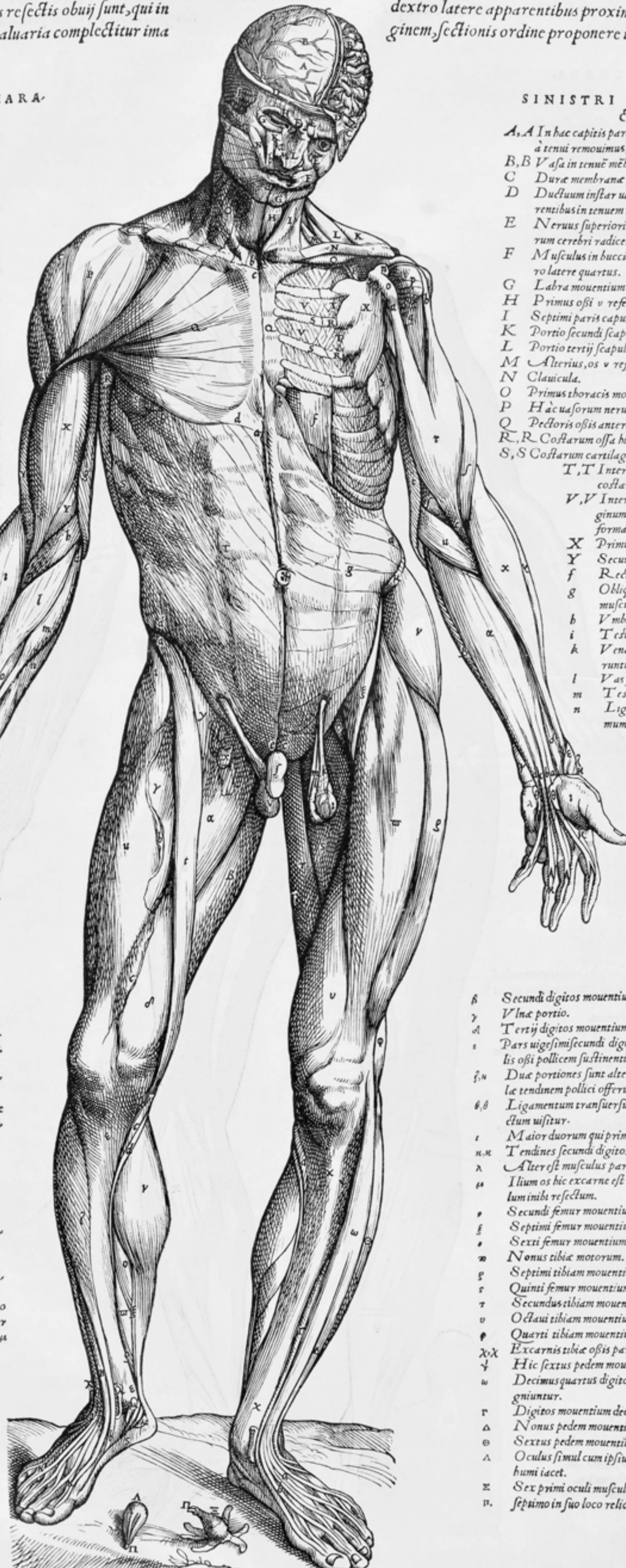
盖伦的文本从来没有插图。盖伦明确表示，插图没有价值。此外，这也是因为，在一种手稿文化里，复杂的插图退化得很快，每被复制一次就退化一次。㊟408因此，关于盖伦究竟描述的是什么，人们往往很难搞清楚。另一方面，关于维萨里，则很容易看到他在谈论什么。维萨里声称确定了盖伦的一些错误，并因此削弱了盖伦的权威，正如哥白尼的发现已经削弱了托勒密的权威。但是，对后世的解剖学家来说，甚至更为重要的是，如果维萨里的插图没有显示解剖细节，或显示不正确，那么他们可以自信地说，他犯了一个错误。于是，以透视图为基础的复杂印刷插图把解剖学变成了一门进步的科学，每一代解剖学家都能够确定前辈著作中的错误和纰漏。在解剖学中，发现不自维萨里始。倒不如说他提供了基准线，使其他人能够声称做出了发现。

维萨里在解剖学中采用的技术同时也被应用于植物学。在植物学中，作家们面临的困难与维萨里本人面临的困难相似，即他们究竟是应该描绘实际标本，描绘其缺陷，从而反映现实，还是应该提供完美标本的理想化图像，就像维萨里借助他体格健硕的男子所做的那样；他们是应该展示处在某一时刻的植物，还是应该在一幅插图里既展示花，也展示果。正如维萨里的图像使身体各部分的识别成为可能，使在解剖学知识上取得进步成为可能，因此新带插图的植物学使获得不同物种的可靠知识成为可能，使在它们的命名、识别上取得进步成为可能。但是，进步包含识别力。康拉德·格斯纳（Conrad Gesner）是印刷时代自然历史信息的第一位编纂者［《生物史》（*Historiae animalium*），1551—1558］，他经常提供他标出错误的插图。就连维萨里也作图说明盖伦提出的一个错误主张。插图表现现实在我们看来是一个基本惯例，但当时并没有立即显现出来。

就这样，到了1543年，两种革命汇流，使一种新科学成为可能。一方面，有透视绘画，以几何抽象为基础；另一方面，有雕版印刷，受到了印刷机印制的文本补充。透视绘画可以追溯至1425年，雕版印

刷至少可以追溯至1428年，印刷机则可以追溯至1450年。君士坦丁堡于1453年陷落，结果导致希腊语手稿和讲希腊语的学者从东方涌入讲拉丁语的西方（盖伦文本的希腊语原件经过改进的知识也是如此）。注那么，为什么又花了一个世纪，透视图像的机械复制所带来变迁才完成了呢？这个问题有两个答案。首先，在发明印刷之后的那些年里，出版商的当务之急是印刷从过去继承过来的大量宗教、哲学、文学文本，首先印刷拉丁语文本，然后为有限的受众印刷希腊语文本。1538年，盖伦文本的第一版可靠的印刷版本在巴塞尔面世。维萨里曾为此出过力。维萨里也坚持他的《人体之构造》应该在巴塞尔付梓。其次，一场漫长的文化变革必须发生，其中书本知识逐渐变得没有直接经验重要。正如我已经主张的那样，那场革命始于哥伦布。

PRIMA FIGVRA EARVM QVAS OSTENDENDIS MVSCVLIS POTISSIMVM PARAVIMVS, IN CVIVS DEXTRO LATERE MVSCVLI MOX SVB CVTE RECONDITI, ANTERIORI IN facie conspiciuntur: in sinistro autem illis resectis obuij sunt, qui in dextro latere apparentibus proximè succumbunt. Vt uerò præsens figura redderetur copiosior, eorum quæ caluaria complectitur imaginem, sectionis ordine proponere incepimus, humi oculi musculos, uti characterum index docebit, delineantes.



DEXTRI LATERIS CHARA-
cterum Index.

A,A Dura cerebri membrana ita apparens, uti inter secandum caluariæ superiori parte sectionis ordine ablata, occurrit.
B,B Duræ membranæ uasa secundum ipsius latera uenarum arteriarumq; modo digesta.
C,C Tertius duræ membranæ sinus hic secundùm longitudinem adapertus cernitur.
D Circulus iste os est caluariæ.
E Musculosa substantia frontis cutem mouens.
F Palpebram superiorem attollens musculus.
G Musculus eandem palpebram deorsum ducens.
H Hic duo musculi nuper dicti sese contingunt.
I Temporalis musculi sedes.
K Musculus una portione a insignita in nasi alam, altera uerò b indicata in superius labrũ insertus.
L Cartilago ab altero nasi osse producta.
M Dextra nasi ala.
N Musculus à malis in superius labrum insertus.
O Musculus ex carnea constitutus membrana, & labra & buccas mouẽs, et a,b,c,d circunscriptus. uerùm d priuatim sedẽ notat in altero latere secundi maxillam inferiorem mouentium musculi.
P Brachium mouentium secundus hic anteriori sua sede a,b,c circunscriptus.
Q Brachij motorum primus, a,b,c,d circunscriptus.
R Portio est quarti brachium mouentiũ.
S,S Sedes S,S insignita, et inter illos characteres media musculi thoracem mouentium secundi est portio.
T Deorsum obliquè in anteriora fibras suas ducens abdominis musculus, a, b, c, d, e circunscriptus.
V Testis unà cum seminalibus uasis tunica, quam ipsi peritonæum offert, adhuc obductus.
X Prior cubitum flectentium.
Y,Y Posterior cubitum flectentium.
g Cubitũ extẽdentiũ primi portio.
h Radium in pronum agentium primus.
i Radium in supinum agentium primus.
k Portio tertij brachiale mouentium.
l Brachiale mouẽtium primus.
m Latum tendinem sub interna manus cute producẽs, ac a, b circunscriptus.
n Brachiale mouentium secundus.
o,o,o His interuallis primus digitos mouentiũ se offert.
p Digitos mouentium uigesimustertius.
q Portio maioris primum pollicis os flectentium.
r Digitos mouentium uigesimus.
s Penis cute ipsius'ue inuolucro circuncisus.
t Primus tibiam mouentium, a,b circunscriptus.
u Sextus tibiam mouentium, a,b,c,d circunscriptus.
x Glãdulæ in inguine uasorũ distributioni præfectæ.
y Portio septimi femur mouentium.
α Portio quinti femur mouentium, cui octauus committitur.
β Portio secundi tibiam mouentium, cuius insertio c insignitur. tertij autem tibiam agentis insertio d notatur.
γ Portio noni tibiam mouentium.
δ Portio octaui tibiæ motorum.
ε,ε Nuda excarnisq; tibiæ ossis sedes.
ζ Sextus pedem mouentium, a,b circunscriptus.
η Portio decimiquinti digitos pedis mouentium.
θ Portio & tendines decimiquarti digitos pedis mouentium.
ι Tendo noni pedem mouentis.
κ,κ Hac obliquè prorepunt tendines decimisexti digitos mouentium.
λ,λ Ligamentum transuersum in tibiæ anteriori sede positum hic dissectum cernitur: uti & ligamenta inter
μ,μ. internum malleolum & calcem conspicua, & μ, μ notata.
ν Primus pedem mouentium.
ξ Tendo tertij pedem mouentium.
ο Portio quarti pedem mouentium.
π Secundi digitos pedis mouentium portio.
ρ Quinti pedem mouentium portio.
σ Decimusoctauus digitos mouentium.

SINISTRI LATERIS CHARA-
cterum Index.

A,A In hac capitis parte sectionis ordine duram cerebri membranam à tenui remouimus, hicq; tenuis cerebri notatur membrana.
B,B Vasa in tenuẽ mẽbranã ex tertio duræ mẽbranæ sinu deprõpta.
C Duræ membranæ pars deorsum à tenui reflexa.
D Ductuum instar uenæ ex uasis per duræ membranæ latera excurrentibus in tenuem membranam pertinentium unus.
E Neruus superiori oblatus maxillæ, à minore tertij paris neruorum cerebri radice.
F Musculus in buccis positus, ac buccas labraq; mouentium in altero latere quartus.
G Labra mouentium tertius.
H Primus ossi υ referenti propriorum.
I Septimi paris caput mouentium alter.
K Portio secundi scapulam mouentium.
L Portio tertij scapulam mouentium.
M Alterius, os υ referens deorsum in latera trahentium portio.
N Clauicula.
O Primus thoracis motorum.
P Hàc uasorum neruorumq; copia axillam petit.
Q Pectoris ossis anterior sedes hoc latere detecta cernitur.
R,R Costarum ossa hic quoq; aliqua ex parte nuda uisuntur.
S,S Costarum cartilagines.
T,T Intercostalium musculorum exteriorum inter ossa costarum sedem obtinentium imago.
V,V Intercostalium musculorum exteriorum in cartilaginum uerarum costarum interuallis consistentium forma.
X Primus scapulam mouentium, a,b,c circunscriptus.
Y Secundi thoracem mouentium portio.
f Recti abdominis musculi portio.
g Obliquè sursum suas fibras exporrigens abdominis musculus, a,b,c circunscriptus.
h Vmbilici pars.
i Testis intimo ipsius inuolucro obductus.
k Venæ arteriæq; seminalium anteaquam testi inseruntur implexus.
l Vas semen à teste deferens.
m Testis musculus.
n Ligamentum ab interno scapulæ processu ad summum pertinens humerum.
o Interior scapulæ processus.
p Primum ligamentum humeri articulo propriorum.
q Brachij os.
r Cubitum flectentium anterior, cuius capita a & b notantur: tendo autem c.
s,s Cubitum flectentium posterior.
t Cubitum extendentiũ primi portio.
u Radium in pronum ducentium primus.
x Radij in supinum motus autorum primus.
y Portio tertij brachiale mouentium.
α Primus digitos manus mouentium, a, b, c, d quatuor ipsius indicantur tendines.
β Secundi digitos mouentium portio.
γ Vlnæ portio.
δ Tertij digitos mouentium portio.
ε Pars uigesimisecundi digitos mouentium, quæ tendinem inserit brachialis ossi pollicem sustinenti.
ζ,η Duæ portiones sunt alterius uigesimisecundi musculi partis, quæ singulæ tendinem pollici offerunt.
θ,θ Ligamentum transuersum in brachialis interna sede positum, hic dissectum uisitur.
ι Maior duorum qui primum pollicis os flectunt.
κ,κ Tendines secundi digitos mouentium musculi.
λ Alter est musculus parui digiti primum os flectentium.
μ Ilium os hic excarne est propter obliquè descendentem abdominis musculum inibi resectum.
ν Secundi femur mouentium portio.
ξ Septimi femur mouentium portio.
ο Sexti femur mouentium portio.
π Nonus tibiæ motorum.
ρ Septimi tibiam mouentium portio.
σ Quinti femur mouentium portio, cui octauus committitur.
τ Secundus tibiam mouentium, cuius insertionem a notat.
υ Octaui tibiam mouentium portio.
φ Quarti tibiam mouentium portio.
χ,χ Excarnis tibiæ ossis pars.
ψ Hic sextus pedem mouentium musculus à tibiæ osse est resectus.
ω Decimusquartus digitos mouentium, cuius aliquot tendines a,b insigniuntur.
Γ Digitos mouentium decimusquintus.
Δ Nonus pedem mouentium.
Θ Sextus pedem mouentiũ. Reliqua in hoc crure cum dextro conueniũt.
Λ Oculus simul cum ipsius musculis adhuc integris à sua sede erutus, hic humi iacet.
Ξ Sex primi oculi musculi hic ab exortu ad insertionem usq; sunt liberati,
Π. septimo in suo loco relicto, et neruo uisorio Π in utroq; oculo insignito.

第一幅人体肌肉插图，来自维萨里的《人体之构造》（1543）。

在哥白尼和维萨里的伟大著作旁边，我们也许可以放上莱昂哈特·福克斯（Leonhart Fuchs）的《植物史》（*On the History of Plants*）。它出版于前一年（1542），包含了512幅精确的植物图像。在前言中，福克斯写道：

尽管为准备这些图画付出了辛勤与汗水，但我不知道它们将来会不会被谴责为无用、没有意义；我也不知道，是否有人会引用盖伦那最乏味的权威，证明在想描述植物的人中，没有一个人会试图绘制它们的图像。可是，为什么要占用更多的时间呢？精神正常的人会谴责那些甚至可以比最雄辩的人的言辞更清晰地传达信息的图画吗？与仅仅用言辞描述的东西相比，那些被呈现给眼睛、被描绘在画板和纸张上的东西可以给人留下更为牢固的印象。

福克斯的话语展现了两种迥然不同的革命，分别是对古代权威的推崇的降低（盖伦是“最乏味的权威”，很难想象这些话语曾一度有多么振聋发聩），以及在机械复制的新时代对图像力量的认可。这些都是科学革命必不可少的先决条件。

6

1464年，德国天文学家约翰尼斯·米勒（Johannes Müller）在帕多瓦大学开办了一个讲座。他又被称作雷吉奥蒙塔努斯（Regiomontanus，是他所来自的柯尼斯堡的拉丁语叫法）。雷吉奥蒙塔努斯继承他的导师乔治·波伊尔巴赫未竟之事业，当时刚完成了对托勒密的《天文学》的解释和注释。这将成为整个16世纪高级天文学的标准教科书。波伊尔巴赫和雷吉奥蒙塔努斯在书中毫不犹豫地批判了托勒密所犯的错误。1464年的时候，雷吉奥蒙塔努斯正在写一部关于平面三角和球面三角的指导书［《诸三角论》（*On All Sorts of*

Triangles）］。这一指导书具有开创性，奠定了天文计算的数学基础。他在维也纳学会了希腊语，为的是阅读托勒密的原文。在意大利的时候，他已经能阅读希腊语的阿基米德（其著作在中世纪就被译成了拉丁语，但尚无印刷本）和丢番图（Diophantus，约210—约290年，其著作当时尚无拉丁语译本。丢番图是代数的发明者）的著作。

在君士坦丁堡陷落后，一些古希腊文本抵达了意大利。雷吉奥蒙塔努斯是第一个从这些文本中获益的人。他在帕多瓦授课比谷登堡《圣经》出版晚了不到10年，印刷革命才刚刚开始。举个例子，欧几里得著作的拉丁语译本仅在1482年才首次刊印，希腊语译本在1533年，意大利语译本在1543年，英译本在1570年。雷吉奥蒙塔努斯的讲座因而标志着希腊数学的再获得的一个关键时刻，并且预示着他所推动的雄心勃勃的数学文本出版计划。当然，在他谢世之前，这一计划还无法被启动。

雷吉奥蒙塔努斯颂扬数学学科，并且是通过贬低在大学里讲授的亚里士多德哲学来颂扬它们的。他说，即使亚里士多德复活，也搞不懂其现代弟子究竟说的是什么。“除非疯了，否则没人敢断言我们的［数学］学科是这东西［即，其文本不可理解］，因为无论是人的时代还是习俗，都不能拿掉它们的一丝一毫。欧几里得的定理在今天所具有的确定性和1000年前一模一样。即使对万年之后来到世间的人而言，阿基米德的发现引发的钦慕也不亚于我们自己的阅读所引发的喜悦。”然而，雷吉奥蒙塔努斯对数学学科的赞扬没有暗示对同时代的数学家不加批评的钦慕。就在一年前，他写道：“我别无他法，［只］能对我们时代有代表性的天文学家的怠惰感到惊讶。他们就像轻信的女人那样，对他们在书中碰到的无论什么，都当作神圣、不可改变的……因为他们相信作家（如托勒密那样的），根本不致力于发现真理。”在新科学的提倡者起来反对旧哲学时，他们一再重提这一主题，即人们应该从对书本的研究转向对真实世界的研究。举个例子，它是伽利略最喜爱的修辞比喻之一。即使到了17世纪20年代，这一建议依

然像15世纪60年代那样激进，因为对大学传统课程教育的控制仍未被消除。伽利略也和雷吉奥蒙塔努斯一样认为，欧几里得和阿基米德（就像他对阿基米德的称呼那样，“神圣的阿基米德”）为可靠的知识提供了唯一的典范。

1471年，雷吉奥蒙塔努斯找到了一种测量天体视差的方法，进而可以测量天体与地球间的距离。他的方法设想了使用直角仪。这是犹太拉比莱维·本·热尔松（Levi ben Gerson，1328年）发明的。直角仪是一种非常简单的仪器，包含一个校准轴，以及在校准轴上滑动的横杆。你顺着校准轴瞄准，前后移动横杆，直到让其末端对准两个点，从校准轴的刻度上能够读出形成的角的度数。举个例子，你可以使用直角仪测量正午时分地平线和太阳形成的角。如果你知道日期，拥有适当的表，那么就能读出你所在的纬度（当然，这需要眯眼看着太阳。反向高度观测器于1594年发明，使你不用盯着太阳就能做这一测量）。另外，到了晚上，你可以通过测量地平线和北极星之间的角，来直接测量纬度。旨在通过瞄准测量角度而被设计的仪器不少，直角仪仅是其中之一，此外还有四分仪和六分仪。在直角仪被发明之前，星盘（是中世纪欧洲从伊斯兰模型复制而来的）提供了一种瞄准器，以及一种根据其影子测量太阳高度的方法。如果知道白天的时刻，你可以借助这一仪器确定你所在的纬度，但如果知道你所在的纬度和日期，那么你就能确定白天的时刻。对大多数使用者来说，后一种情况更为重要。这些仪器的专家类型是用于测量、天文学与航海的，但无论是什么类型，基本原理都一样，即角度可以被用来断定距离和时间。注

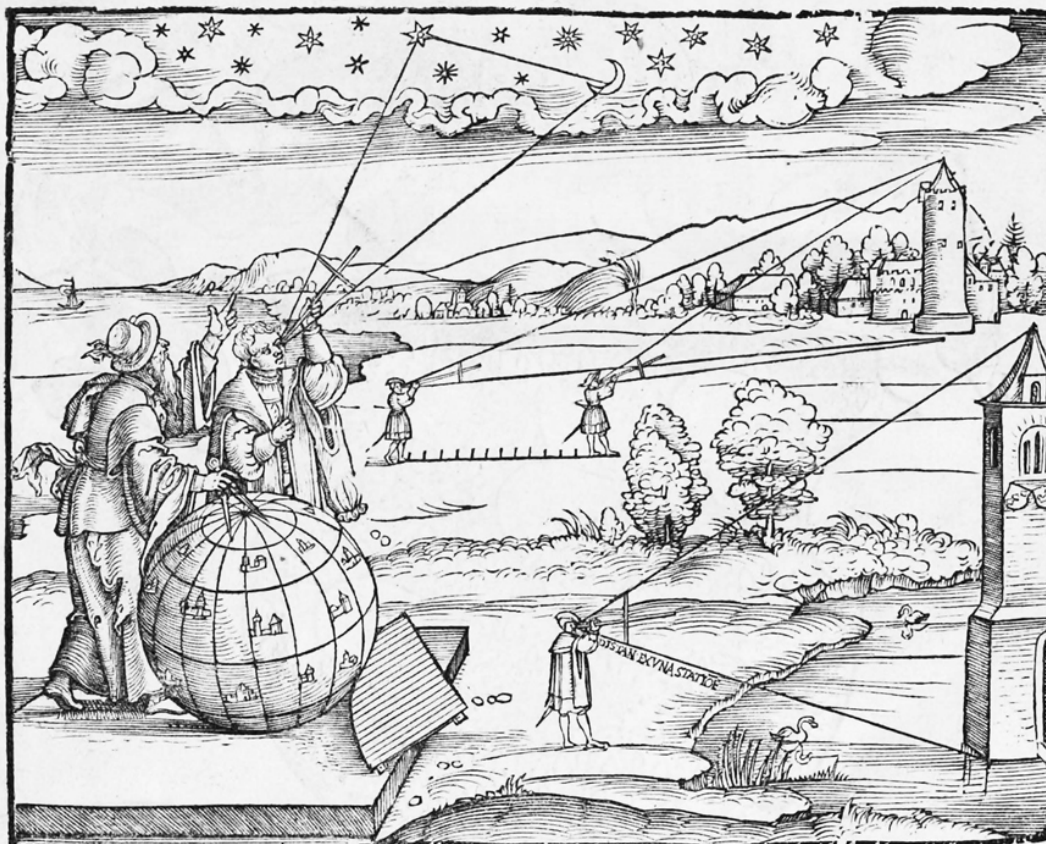
INTRODVCTIO

GEOGRAPHICA PETRI APIANI IN DOCTISSIMAS VERneri Annotationes, cõtinens plenum intellectum & iudicium omnis operationis, quæ per sinus & chordas in Géographia confici potest, adiuncto Radio astronomico cum quadrante nouo Meteoroscopii loco longe vtilissimo.

HVIC ACCEDIT Translatio noua primi libri Géographiæ CL. Ptolemæi, Translationi adiuncta sunt argumenta & paraphrases singulorꝫ capitum: libellus quóqꝫ de quatuor terrarum orbis in plano figurationib. Authore Vernero.

LOCVS etiam pulcherrimus desumptus ex fine septimi libri eiusdem Géographiæ Claudii Ptolemæi de plana terrarum orbis descriptione iam olim & à veterib. instituta Géographis, vnà cum opusculo Amirucii Constantinopolitani de iis, quæ Géographiæ debent adesse.

ADIVNCTA est & epistola IOANNIS de Regio monte ad Reuerendissimum patrem & Dominum D. Bessarionem Cardinalem Nicenum, atqꝫ patriarcham Constantinopolitanum, de compositione & vsu cuiusdam Meteoroscopii armillaris, Cui recens iam opera PETRI APIANI accessit Torquetum instrumentum pulcherrimũ sanè & vtilissimum.



Cum Gratia & Priuilegio
Imperiali.

被用于测量和天文学的直角仪，来自彼得鲁斯·阿皮亚努斯（Petrus Apianus）的《地理学介绍》（*Introductio geographica*，1533）。

在测量中，如果你知道一座建筑有多远，那么就能很容易地计算出其高度。假如你想登上河对岸一座堡垒的墙，你可以与那座建筑呈一条直线进行两次测量，从两个测量点的距离以及用直角仪测得的两个角之间的不同，就能计算出墙的高度，制作长度适当的梯子。欧几里得描述了所涉及的基本原理，中世纪的人们则透彻地理解了这些原理。它们正是透视绘画所涉及的原理。但是，透视绘画是拿来一个三维世界，把它变成一个二维平面，雷吉奥蒙塔努斯则试图拿来一个二维图像（夜晚的天空），把它变成一个三维世界。实际上，要这么做，你必须从单目视觉转向双目视觉。

视差原理使你能够这么做。它是一种基本原理的变体，即如果你知道一个角和一个等边或直角三角形的一个边，就能断定其他角和边。因此，这需要的不是一次测量，而是两次。把你的手指举在你面前，闭上左眼，注意你的手指看似贴着背景的地方。然后换右眼。你的手指马上会跳向右边。如果你知道你的双眼之间的距离，测量与你的手指位置上的明显变化对应的角，就能计算出你的手指有多远。当然，肯定没人会花费时间和精力做一下。在这一情况下，你两眼之间的距离是你的眼睛和你的手指之间距离的一个重要部分。如果你想测量一个非常遥远的物体的距离，就需要设两个分开很远的两个观测点，或至少显得是这样。

雷吉奥蒙塔努斯明白，为了设置两个距离很远的观测点，天文学家没必要去旅行。如果天绕着宇宙的中心旋转，如果那个中心位于或接近地球的中心，那么随着天的移动，位于地球表面上的天文学家的观测点与天的关系就发生了变化。这只是因为天文学家没有从宇宙的中心看着天，而是在远离中心的一个点看着天。

设想你站在旋转木马的零点，上面的木马被排列成了三个同心圆。它的中心有一个静止的圆形平台，三个木马同心圆环绕周围。每个同心圆转一圈儿所花时间相同，周而复始。你向外看，木马绕着你转动，它们的相对位置将保持不变。就是说，如果一匹木马和另外一匹在某一刻呈一条直线，那么在旋转1/4周后，它们依然呈一条直线。但是，如果你朝任何方向走上几步，一直走到静止平台的边缘，那么木马的相对位置将看上去一直在变。此外，如果你知道静止平台的大小和外圈木马的距离，就可以运用另外两圈木马的相对位置的变化，计算出它们有多远。雷吉奥蒙塔努斯于是明白，你可以通过在相同的地点、不同的时间做两次观测，来测量天体的视差，而不用在相同的时间、不同的地点做两次观测。

按照亚里士多德的观点，彗星存在于高层大气之中。由于彗星出现又消失，它们必须存在于高层大气之中，而天空将永远保持不变。彗星因而必然在月下区，而非在月上区。就是说，在月亮下面，而非在其上面。按照亚里士多德的假说，它们代表着来自着火的地的某种散发物。就我们目前所知，在1471年前，还没有人真正尝试测量彗星的视差。人们曾简单地认为，亚里士多德的理论显然是正确的。

尽管雷吉奥蒙塔努斯在1471年找出了进行如此测量的方法，但这一方法的完整记录直到1531年才出版。不幸的是，1548年，一个看似雷吉奥蒙塔努斯所著的一本书出版了。在这本书中，他声称测量了在1472年出现的那颗彗星的视差，并证实它距离地球很近，因为那一视差达到了惊人的6°，表明它比月亮近得多。月亮每日视差仅有1°。有人进行了巧妙的考究，证明这一文本不是雷吉奥蒙塔努斯写的，而是他去世时在其文件中被发现的，并且被认为是他的笔迹，结果就以他的名义出版了。但是，它采用的不是他的方法。实际上，在雷吉奥蒙塔努斯还活着时，它就已经被苏黎世的某个匿名医师［被暂定为埃伯哈德·史拉鲁辛格（Eberhard Schleusinger）］出版了。我们现在知道了这一点，但在16世纪却没有人意识到，并且它也在历史文献中造成了

很多混淆。16世纪的天文学家心悦诚服地接受了那看似确凿的证据，即雷吉奥蒙塔努斯已经证实了传统的彗星到地球的距离的说明。我们现在知道，没有理由认为雷吉奥蒙塔努斯实际上运用了他在1471年描述的那一测量系统；如果想运用它，那么你无论如何都要首先搞清楚如何把握一个事实，即彗星不是静止的，而是移动的物体。然而，1532年，约翰尼斯·沃尔格林（Johannes Vögelin）测量了当年出现的那颗彗星的视差，声称证实了所谓的雷吉奥蒙塔努斯的错误结果。

然后，到了1572年，布拉赫的新星出现在天空中。在一段时间内，除了太阳和月亮，它是天上最明亮的物体，甚至比金星还亮。这样的事件在1000年左右的时间里只发生了一次。不仅如此，这颗新星与彗星不同，它静止不动，测量它的视差容易得多。整个欧洲的天文学家都痴迷于它。由于他们知道雷吉奥蒙塔努斯真正的测量视差的技术，自然想运用它。有些人发现了一种可测量的视差，但其他人坚持不存在可以测量的视差。精确地测量视差并不容易，尤其是因为它要求任何16世纪的时钟所不能提供的更为精确的时间测量。但是，证明不存在可测量的视差就要简单多了。你所需要做的只是握住一根绷紧的细绳，将其作为瞄准装置，并找到两颗与新星正好呈一条直线的星，在它的北方和/或南方的除外。如果那两颗星在同一晚上晚些时候和新星正好呈一条直线，那么就不存在可测量的视差。开普勒的老师迈克尔·梅斯特林就采用了这一简单的技术。如果不存在视差，那么彗星必然相距甚远，远远超过视差十分易于测量的月亮。它必然是一个月上天体，而非一个月下天体。

怎样解释一颗新星在天空的出现呢？由于不存在自然的解释，如果假定那颗新星的确在天空中，那么这一事件显然是一个奇迹，是上帝发送的一个信号。德高望重的天文学家和占星家们绞尽脑汁，想搞明白这可能预示着什么，其中包括英国的托马斯·迪格斯、意大利的弗朗切斯科·马洛里克（Francesco Maurolico）、布拉格的塔迪亚斯·哈耶克（TadeàšHàjek）。他们匆匆发表了他们存在冲突的结论。

1572年的新星后面跟着1577年的彗星。在这里，视差测量再一次把那颗彗星置于月亮之外。虽然一颗新星有可能被视为一个奇迹，但一颗彗星太常见了，不能如此处理。因此，如果彗星是一种月上现象，那么亚里士多德就是错的。布拉赫也就一个更深入的问题开展工作，这一问题可以通过测量视差得到解决。托勒密体系和哥白尼体系、第谷体系之间的一个关键不同是，与在托勒密体系相比，在后两个现代体系下，火星必然有时候更靠近地球。布拉赫最初认为，他已经测到了可靠的火星视差数据，可以证明托勒密体系是错误的。不过，他后来意识到，他的数据存在三个问题。在理想状态下，雷吉奥蒙塔努斯测量视差的方法涉及比较一个天空物体在天黑后不久的明显位置和它在破晓前不久的明显位置，从而求出被测量的视差的最大值。无论是1572年的新星，还是1577年的彗星，从北欧看都无法在夜空中被看到。因此，理想的方法是不适用的。就火星的情况而言，别无选择，只能在它与太阳近乎呈一条直线时进行测量。但是，它在夜里从来也没有高挂在地平线上。在测量一个接近地平线的天体的位置的过程中，布拉赫必须允许天体的光线穿越更厚的大气层所造成的折射。最终，他发现他算错了这一允许，结果玷污了他原本希望成为反对托勒密体系的一个关键论据的东西。关于火星的位置，他做了一系列测量。然而，在按照哥白尼的假设计算火星的“轨道”时，开普勒却发现它们没有价值。开普勒证明，火星的轨道最好被理解成一个椭圆。

1588年，布拉赫出版了《天空世界最近发生的现象》（*Concerning the Recent Phenomena of the Aetherial World*）第二卷（第一卷是关于1572年的新星的，在其去世后于1602年出版），对1577年的彗星进行了具有决定性的研究。在书中，他检查了它所引发的大量文献，主张那些没有发现视差的观测是可靠的；就主张彗星是月下现象而言，亚里士多德错了。但是，他更进一步，提出了他自己的地日心说，以取代托勒密体系和哥白尼体系。地日心说在几何上与哥白尼学说相同，但拥有一个移动的太阳和一个不动的地球。由于他的计算

暗示彗星穿越了行星的水晶球体，并且由于他的地日心说要求火星刺穿太阳球体，布拉赫抛弃了整个固体球体理论，主张太阳、月亮和行星在天空中自由飘浮，就像海里的鱼。布拉赫小心翼翼地避免自己的理论造成天球理论瓦解，这可能是使得出版耽搁的原因。㊟现在，学者们普遍认为，就现代天文学的开端而言，与哥白尼的《天体运行论》的出版相比，布拉赫的著作应该是一个重要得多的标志。

7

就科学革命的两个基本特征而言，这一故事是一个不错的例子。首先，是路径依赖。一旦雷吉奥蒙塔努斯测量视差的真正体系被出版，天文学家就走上了一条道路。这条道路早晚会通向与亚里士多德和托勒密的核心主张相矛盾、具有决定性的证据的产生。（当然，如果知道这一情况，雷吉奥蒙塔努斯会感到吃惊。）长久的耽搁这一事实并不意味着雷吉奥蒙塔努斯的贡献不具决定性。这只意味着两件事，首先，是他的著作出版的耽搁；其次，1572年的新星简化、澄清了问题，制造了一场典型的革命性危机。托勒密体系的某些特征（例如地心说）可以挺过这一冲击，就像布拉赫的地日心说所证明的那样，但托勒密体系和哥白尼体系共有的关键特征（不变的天空、固体球体）却挺不过去。到1650年，这一点获得了普遍认可。说实话，在伽利略对金星的相的发现于1611年被证实后，就再也没有合格的天文学家捍卫（例如）雷吉奥蒙塔努斯所理解的托勒密体系了。

就认为新观测对旧理论是致命的主张而言，它与时代要近得多的科学哲学存在矛盾。那种科学哲学坚持认为，观测和理论都具有韧性，结果总是不乏办法，使现象得到拯救。标准的办法是区分数据（例如，用温度计在沸水中做的原始观测）和现象（对数据的解释，如海平面上水的沸点是100摄氏度）。据说，理论解释现象，而非数据解释现象。不仅如此，我们总是有可能在数据和现象之间、现象和理

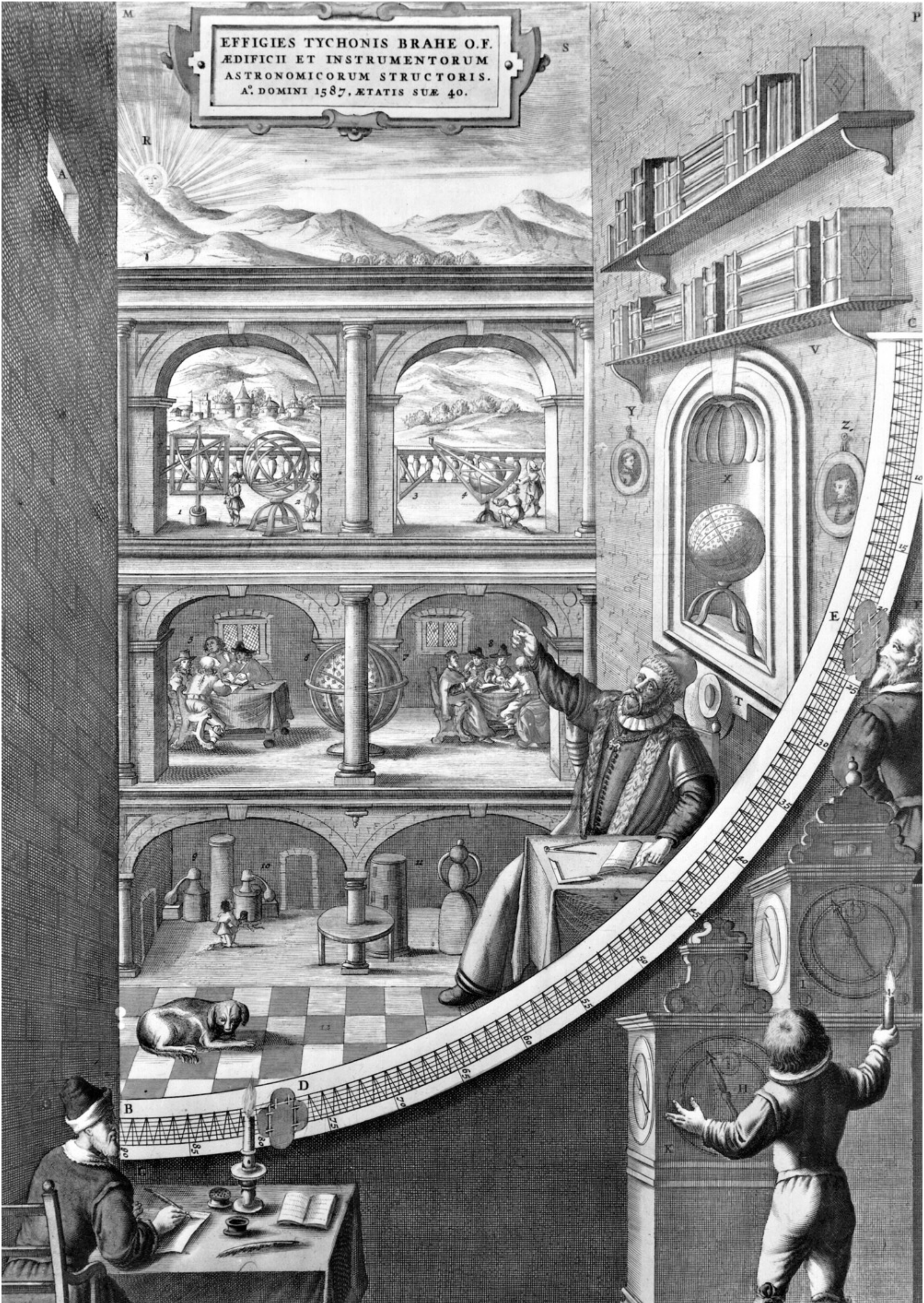
论之间打开一个缺口。当时，就17世纪的几何学科的情况而言，数据和想象之间、现象和理论之间的缺口被有意认为几乎不存在。

就布拉赫对新星和1577年彗星的观测来说，数据是周日视差的缺失，需要被解释的现象是这些新天体处在月上世界而非月下世界，直接产生的理论结论是天空中存在变化。把数据、现象和理论联系在一起的是一种几何论点（如果不存在可测的视差，新天体必然比月亮远得多）。只要最初的观测是可靠的，那么这一论点就牢不可破。这一点并非在所有周日视差被观测到的情况下都正确。正如我们已经看到的那样，折射或许会使在数据和现象之间打开缺口成为可能。此外，即使布拉赫对火星视差的测量是正确的，它们也无助于在他的宇宙学和哥白尼的宇宙学之间做出决断。但是，在1572年新星和1577年彗星的情况中，数据使现象成为必然，现象则证伪了公认的理论。

很显然，如果布拉赫要证明他的论据是牢不可破的，他就必须为一个事实提供解释。这就是，并非所有人所做的观测都证明可确认的视差完全不存在。其结果是，布拉赫在《最近发生的现象》第二卷里认真考察了一些观测。这些观测的结果虽然与他观测的结果不一致，但（通常）符合传统天文学原本会预言的结果。通过考察，他发现了它们的错误。例如，一位天文学家测量了那颗彗星和一颗恒星的距离，但在重新测量时却把那颗恒星和另外一颗搞混了；另一位在应该减去的时候加了；第三位原本应该尽可能接近地做两次测量，但他却把它们隔开了一个小时；第四位混淆了两个不同的天空坐标体系。就这样，布拉赫确定了一些基本错误，恰如其分地解释了他们的结果与他的结果不同的原因。他想坚决主张，观测不是主观的、个人的，而是客观的、可靠的；一旦保证了这点，剩下的就会遵循必然性。

当然，仅仅存在多种结果，就难以让每个人相信布拉赫的论据具有决定性。在其于1632年出版的《关于两大世界体系的对话》中，伽利略仍在仔细考察对1572年新星的视差的测量。他认为，你不能仅仅

挑选最适合你的目的的测量（就像布拉赫的反对者一直在做的那样）；仪器的精度会有所不同，因此观测永远不会一致；偏离中心结果几乎肯定是错的；结果有可能在正确的测量周围聚集。因此，就他考察的13种测量而言，也许不可能决定哪一种是正确的。但是，你可以确定正确测量几乎肯定存在于其中的一个范围，并且确信所有那些偏离中心的测量是错误的。伽利略在这里所做的就是［运用博根（Bogen）和伍德沃德（Woodward）的术语］区别数据和现象，并利用那种区别来发展第一种关于观测错误的理论。


EFFIGIES TYCHONIS BRAHE O.F.
ÆDIFICII ET INSTRUMENTORUM
ASTRONOMICORUM STRUCTORIS.
A°. DOMINI 1587, ÆTATIS SUÆ 40.



布拉赫的观象台。卷起的比例尺是一个四分仪，用于测量标高，被建到墙里；它里面是布拉赫的观象台的错视画部分，其中有布拉赫自己的巨大形象。这一形象来自他的《天文学复兴仪器》1598年版本。四分仪上的绘画是由汉斯·克尼佩尔（Hans Knieper）、老汉斯·冯·斯丁温克尔（Hans van Steenwinckel the Elder）和托维亚斯·根佩勒（Tobias Gemperle）于1587绘制的。他们分别绘制了顶端的风景、代表乌拉尼堡三个区域的三对拱门和布拉赫的肖像。

1610年后，传统的托勒密体系已经被所有称职的天文学家抛弃了。尽管如此，关于彗星在天空中的位置的争辩仍在持续。在伽利略的望远镜的发现一两年后，再也没有人质疑月亮上有山脉、木星有卫星、金星有相，以及太阳有黑点。因此，伽利略的观测极为关键。布拉赫对周日视差的观测原本也该如此，但却没有如此。注

科学革命的第二个基本特征是印刷机的影响。16世纪初，印刷革命方兴未艾。我们已经看到了维萨里的《人体之构造》的出版对解剖学的影响。在1531年后，只有印刷能够确保众多天文学家接触到雷吉奥蒙塔努斯关于视差的文本。印刷使布拉赫能够审视大量的出版物（关于1577年彗星的出版物有100多种。当然，很多不过是占星预言），证明有四个最优秀的观测者产生了与他自己的结果一致的结果。它也确保布拉赫的新体系迅速在整个欧洲传播，从而使他的观点能够受到1604年新星和1618年彗星的检验。印刷创造了一个天文学家群体。他们利用共同的方法，就共同的问题开展工作，取得一致同意的解答。这一群体在1471年尚不存在（雷吉奥蒙塔努斯的测量方法之所以迟迟不产生影响，这也是原因之一）。它是在何时开始存在了呢？开普勒根据占星术推测，将转变时刻确定为1563年。那一年的行星合已经改变了知识界。当然，他也导致占星学出版物如洪水泛滥一样大量涌现。注我倾向于选择的日期是1564年，也就是紧接着的一

年，它见证了首次出版的法兰克福书展目录。法兰克福目录在欧洲流传，第一次真正创立了国际图书贸易。

在1572年之前，天文学家测量了太阳、月亮、行星（按照托勒密体系，太阳和月亮从技术上讲也是行星），为的是预测它们未来的运动。他们继承了一些关于太阳、月亮、恒星的大小、距离的粗略计算，但距离其实并不相干，他们寻求的只是预测在任意时刻界定了一个物体在天空中的位置的角度，并通过利用托勒密的均轮、本轮、等分点做到这一点。均轮、本轮、等分点加在一起，算得上一种所谓的假说。假说意味着一种可以做出可靠预测的数学模型。但是，对第谷·布拉赫来说，对距离的测量突然变得至关重要了。在之前总是有可能“拯救现象”的地方，也就是说，调整假说以符合现象（如果必要，就采用两个不兼容的假说，一个用来预言东西方向的运动，另一个用来预言南北方向的运动）。布拉赫的观测只是与已经确立的理论产生矛盾，无论是托勒密的理论，还是哥白尼的理论（就哥白尼而言，他被认为依旧相信携带行星穿越天空的固体球体）。到1588年，天文学已经变得关注三维的天空架构，而不仅仅关注二维架构。

8

科学史家经常（正确地）暗示，科学革命的关键是“自然的数学化”。注433亚里士多德和托勒密曾假定天空在数学上是清晰可辨的，托勒密也的确设计了“阅读”天空的技巧。科学革命的一个方面在于数学理论的扩张，以包括月下现象。亚里士多德痴迷于特性，即四元素（地、气、火、水）体现了四种特性（热和冷，干和湿），新物理学则痴迷于可以测量的运动和数量，并且它迅速引发了测量落体的速度、声速、空气重量的尝试。亚里士多德曾假定每一种元素都以不同的方式行动，新物理学则假定所有的重物都可以被认为是一样的。亚里士多德的物理学依赖全部5种感官，新科学则只依赖视觉。伴着伽利略对抛物体的抛物线路径（1592）和落体定律（1604）的发现，月下

世界开始在数学上可辨识了。牛顿则进一步证明，物理定律在天空和地球上发挥同样的作用。但是，早在这一情况出现之前，亚里士多德对月上和月下的区分就已经被布拉赫瓦解了。1572年以降，亚里士多德哲学一直面临着一场危机。除非牺牲一些它长期认为无可置疑的基本主张，否则它就无法逃避这场危机。

按照亚里士多德的观点，月下元素天性静止，月上球体则周而复始地旋转。即使是在发现落体定律之前，伽利略就一直在质疑两个世界之间的区分。在早期手稿《运动论》（*On Motion*，1592年前）中，他暗示，如果你将要让一块石头滑过一个绝对平的平面，它将会永远滑下去。他在思考圆周运动，即那块石头将环游地面。但是，他也在质疑那种静止比运动更自然的思想，坚持理论抽象的正当性，因为绝对平的平面当然仅存在于头脑之中。他发现的第一个奠定月下运动基础的数学原理是抛物线与炮弹等抛物体的路径的等同。这一路径存在于一个理论世界中，那里没有空气阻力，炮弹飞行时不会旋转。在伽利略去世后，实际检验证明，真正的炮弹路径与伽利略的理论模型大为不同。他的学生托里切利丝毫不感到难堪，即使他被告知不存在绝对平的平面也还是如此。伽利略和牛顿构建了一个新宇宙。在这个新宇宙中，物质是惰性的，其行为（至少从理论上讲）在数学上是可以预言的；运动和位置是相对的，而非绝对的。

新物理学传统的史学重点认为，世界的数学化始于17世纪。但是，透视绘画让人首次瞥见了这一新宇宙。这也许与伽利略在数学上师从奥斯蒂利奥·里奇不是巧合，里奇也给艺术家讲授透视；或者与布拉赫的观象台墙上有一幅引人注目的错视画（见原书196页）不是巧合。月下世界的数学化不是始于伽利略，而是始于阿尔伯蒂；不是始于17世纪，而是始于15世纪。阿尔伯蒂的《绘画论》一开始简单阐述了几何原理，界定了点、线、面，然后阐释了光学的基础知识。光学在传统上被认为是数学的一个分支。他也撰写了一部供艺术家使用的、比较复杂的几何教科书，即《绘画的要素》（*Elements of*

Painting）。从透视绘画开始，新数学知识扩散到了制图学。瓦尔德泽米勒对他的世界地图的介绍以制图员的基础几何开始，认为他们需要了解圆和轴线，以便弄懂经线、纬线、极点、对跖地的意思。这根本不算新东西，西塞罗已经认为地理学是几何学的一个分支。塞巴斯蒂亚诺·塞利奥对维特鲁维斯著作的通俗化（1537年）始于一本阐释几何基本原理的书，从点和线、直角和三角形开始。但是，几何在真实世界的问题上的系统运用，如在建筑、光学、制图学、天文学、物理学（因为伽利略声称能够通过几何论据证明他的一些落体定律）上的运用，至少在短期内与亚里士多德主义是不矛盾的。

抽象伴着几何而来。彼得·阿皮安为他的《宇宙学书》（*Cosmographic Book*，1524）所画的一幅图解很好地阐释了这一点。它显示了对经度、纬度的测量如何依赖一种想象的网格。为了简化问题，阿皮安把这一网格当作一个平面，而非一个球体。他还把它呈现在透视图里，有两条平行线朝着一个灭点会聚。实际上，这就像艺术家确立画面所使用的网格，并且其呈现要求的技巧和瓷砖地板的呈现要求的技巧相同。伟大的艺术史家欧文·帕诺夫斯基（Erwin Panofsky）主张，透视绘画里的瓷砖地板是第一批抽象的坐标系。他错了，因为托勒密发明经线和纬线时就已经把它们当成了一个坐标系。但是，他认为透视绘画隐含着一种抽象的坐标系，这是对的。

在那幅示意图的左下角，阿皮安画了一些山脉，暗示了一个真正的地方，甚至有可能参照了阿尔卑斯山脉。但是，这些也许只是起到了隐藏制图学把地方转化进空间的事实。这好像是错的，因为我们使用地图从一个地点到另一个地点，可地图真的与地点有关吗？但是，地图用符号（在这里，是一些被扎进一个想象的板中的钉子）来替代真实的地点，在抽象的空间里定位地方，以发挥功效。在阿皮安的示意图里，根本没有标识表示威尼斯和维也纳是港口；没有标识埃尔福特和纽伦堡是新教的城市，而慕尼黑和布拉格是天主教的城市；亦没

有标识这些城市在规模及所属国家上不同。真正的城市已经被坐标取代，真正的地点已经被理论的空间取代。

由于火药的发明，几何也获得了新的重要性。要塞此时被建造得要抵御炮弹，而炮弹则沿直线飞行（就像从鸟瞰图上所看到的那样）。为了沿着每道墙提供斜线火力或侧翼火力，要塞需要被设计在纸上，并且有认真测量过的角度和距离。从15世纪末以来，棱堡（被法国人称作“*trace italienne*”，被美洲殖民者称作“星堡”）不仅一直在欧洲被建造，也在亚洲和新世界被建造，只要是有火炮开火的地方都在建造，因此每个指挥官都需要一些几何知识。数学家讲授新的要塞学，伽利略是其中之一。在莎士比亚的《奥赛罗》（*Othello*）中，伊阿古（Iago）发现迈克尔·卡西奥（Michael Cassio）已经先于他得到了提拔，不禁怒火中烧。卡西奥是“一位伟大的数学家”，他的战争知识全部来自书本。

Siguese la figura y el vso

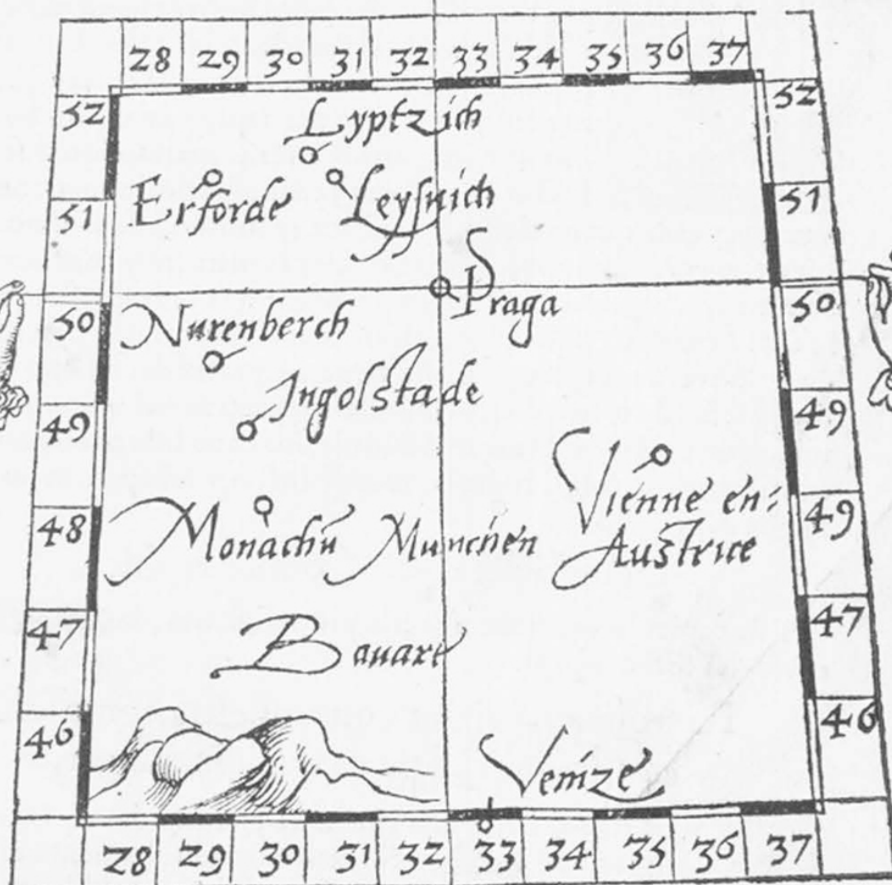
della, para entender las tablas de Ptolomeo con algunos nombres de lugares, para exercicio del que comiença estudiar enla Geographia.

Septentrion, o Norte.
Parte superior.



Occidente, o Poniente.
El mano siniestra.



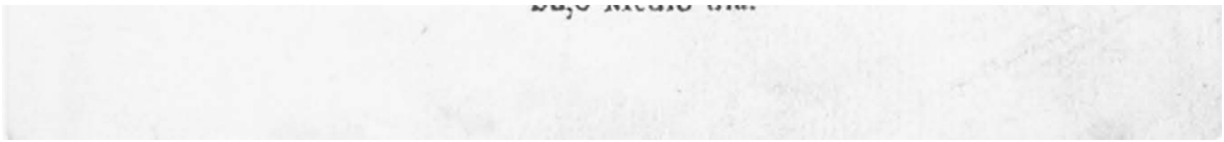




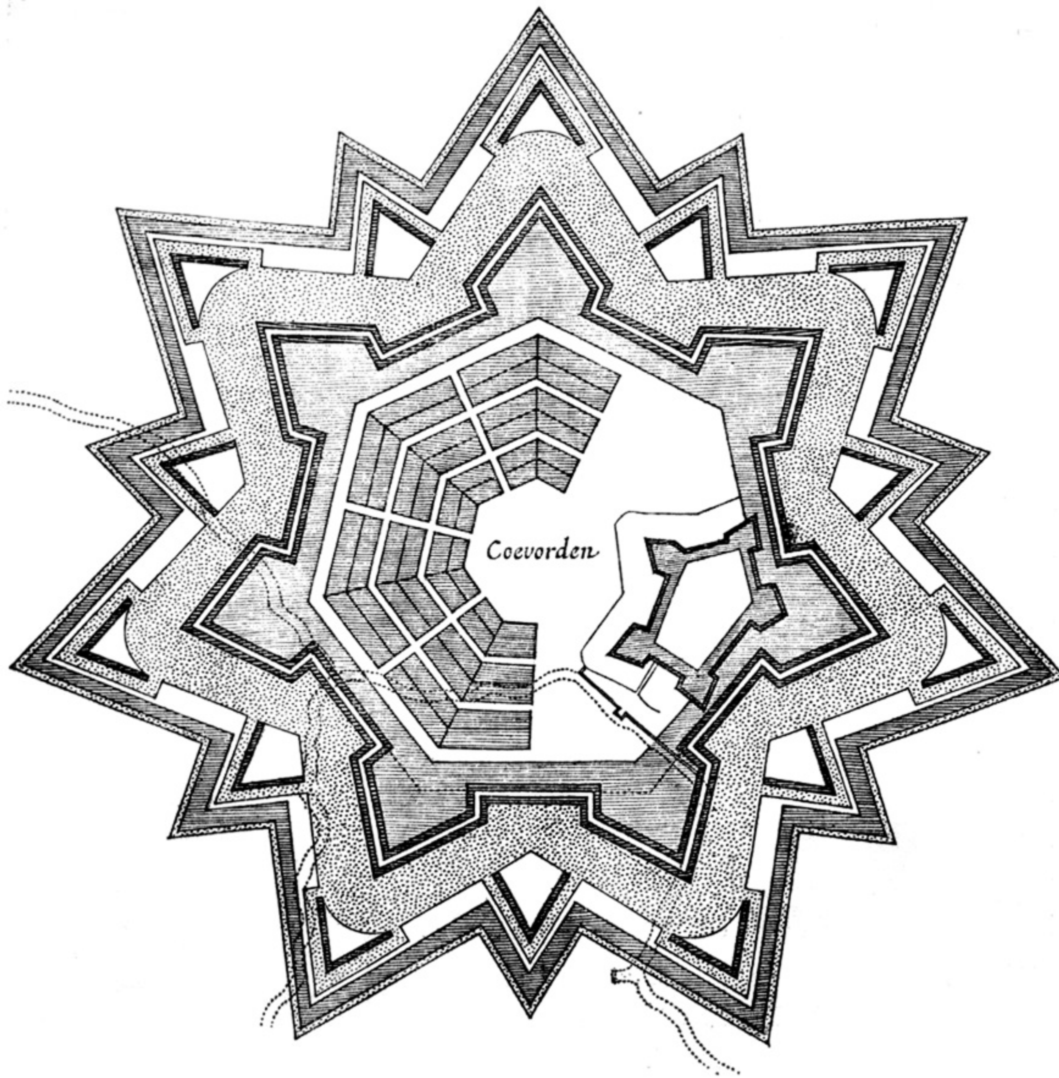
Oriens, o Leuante.
El mano diestra.



Parte inferior.
Sur, o Media dia



彼得·阿皮安解释经线和纬线的示意图，来自他的《宇宙学书》（*Cosmographicus liber*，1524）。



荷兰科瓦登要塞计划，于17世纪初由奥伦治亲王拿骚的莫里斯（Maurice of Nassau）制订。西蒙·斯蒂文（Simon Stevin）就要塞的设计向拿骚的莫里斯提了建议，笛卡儿在他的军队中服役。

阿尔伯蒂曾写道：“数学家仅在头脑里测量事物的形状和形式，完全脱离了实体。”但是，这一数学和实体的脱离迅速变成了一种联姻。用伽利略那段著名的话说，宇宙之书是用几何图形写的。伽利略的这

段话为这一章提供了一段题词。这一说法可以追溯到毕达哥拉斯和柏拉图，但文艺复兴时期的柏拉图主义者已经对数字神秘主义感兴趣了，而非对真正的数学感兴趣。在其《新科学》（1537）中，塔尔塔利亚第一次大胆地重述了它。那种新科学是弹道学。那部著作的卷头插图显示，欧几里得控制的大门不仅通向弹道学知识，也通向一切哲学。



AVE PROBAT
VRIGNI, ET
INGENIU MAT
HEMATICIS
PHILOSOFIA
NEMO HUC GEOMETRIE EXPERS INGREDIAT
PLATO
MUSICA
ARITMETICA
NICOLO TARTALEA
PROSPETTIVA
ASTRONOMIA
GEOMETRIA
EUCLIDE

尼科洛·塔尔塔利亚（Niccolò Tartaglia）的《新科学》（1537）卷首插图。欧几里得控制着知识城堡的大门。那里有一门迫击炮和一门加农炮正在开火，为的是示意炮弹的路径。内部堡垒的入口需要你经过数学学科，塔尔塔利亚本人站在它们中间。最里面是哲学，由亚里士多德和柏拉图陪伴。

塔尔塔利亚更进一步，出版了欧几里得著作的第一部现代方言译本（意大利语，1543），设计了新的测量仪器和技术［《多样的问题和发明》（*Diverse Problems and Inventions*），1546］，以及可以被用于计算一个目标有多远的技术。举个例子，1622年，一支荷兰舰队试图夺取葡萄牙的殖民地澳门。一个耶稣会数学家做了几何计算，以判定到荷兰人带上岸的火药堆的距离和火炮应该被架设的仰角。一次直接命中改变了战斗的走向，确保了澳门仍旧是葡萄牙的殖民地。因此，如果我们问科学革命怎样变成了数学化，答案是经过了透视绘画、制图学（以及相关的航海、测量学科）和弹道学。正是这些学科给了塔尔塔利亚、布拉赫、伽利略（并且，正如我们已经看到的那样，还有莱昂纳多）等数学家自信，让他们认为他们才是懂得怎样了解世界的人，而非那些哲学家。虽然绘画、制图学和弹道学并没有让我们觉得是前沿学科，但它们曾一度是前沿学科。

不同的数学学科是互相联系的。任何擅长一门数学技能的人，也必然擅长其他学科的数学技能。阿尔伯蒂是建筑师，也是画家和数学家。皮耶罗·德拉·弗兰切斯卡是数学家，也是画家。帕乔利是数学家，也是建筑师。莱昂纳多是画家，也是军事工程师。迪格斯出版了测量和天文学著述。最伟大的制图员［墨卡托，卡西尼氏（the Cassinis）］也是重要的天文学家，正如伟大的天文学家（布拉赫、哈雷）也是制图员。这些不是独立的学科，而是一个家族圈，拥有一套共同的几何技巧和测量仪器。按照《天体运行论》的标准译文，哥白尼写道："天文学是为天文学家写的。"但是，他其实并没有这样写。他写道："*mathemata mathematicis scribuntur*"（数学是为数学家写的）。哥白尼希望每个数学家都能遵循他的观点。他不止研究了一个领域，既出版了货币改革著述，也出版了天文学著述。其他人差不多

也都是这样。拿开普勒来说，他不仅出版了光学著述，也出版了对葡萄酒桶的容积（一个直接与他的天文学的一个问题相关的课题，即计算椭圆的面积）的数学分析，还出版了关于如何最佳地堆叠炮弹的著述。㊟

此外，关注怎样把三维呈现在二维中的不仅有画家。这对制图员来说也是一个核心问题，他们必须把球体投射到平面上（有人甚至认为，托勒密对这一问题的一个解决方案影响了布鲁内列斯基）。日晷制作者（一直是数学家，有时候还是一流的数学家，如雷吉奥蒙塔努斯、贝内代蒂）同样面临此问题，他们需要找出把三维的太阳运动投射到一个平的刻度盘上的方法。有一套图像捕捉了这种兴趣的重叠，为其他图像所不能及。阿尔布雷希特·丢勒（Albrecht Dürer）曾两次前往意大利（1494—1495，1505—1507）学习最新的艺术技巧。他出版了关于被应用到绘画和建筑上的几何的著作（4部关于测量的著作，1525）。1515年，他与天文学家和制图员约翰·斯达比犹斯（Johann Stabius）合作，出版了两幅显示南北半球的星图。它们是首批印刷的星图，也是首批（无论是印刷的，还是非印刷的）用标注清晰的坐标系显示天空的星图。它们还伴有作为一个球体的地球的第一幅透视绘画。在这里，几何学、透视绘画和制图学合三为一。

9

有一种认识认为，数学工具（确切地说，是几何的工具）是适当的工具，可以被用来理解世界。这一认识使各种新展现方法成为可能。但是，它是否也大大改变了社会对自然世界的控制或一个社会群体对另一个社会群体的控制？维萨里的目的不仅是强化理解，还要改进手术。然而，在没有麻醉剂、抗生素或通过止血带和缝线控制失血的可靠办法的情况下（更别说输血了），手术依旧是痛苦、危险并经常是致命的。在解剖学中获取的知识即使有实际应用的话，也为数不多。



丢勒的1515年世界地图。它是包括南北天空的一套地图。丢勒的地图显示，在瓦尔德泽米勒的地图于1507年出版后，作为球体的地球概念确立其自身地位的速度究竟有多快。它也证明丢勒完全掌握了透视表现法。

当然，制图、航海、弹道、要塞等学科大为不同。但是，区别前二者与后二者也很重要。前二者处理空间和地方，后二者处理冲击力。一旦海员开始在看不到陆地的情况下航行，那么无论时间长短，他们都需要新工具（罗盘，专门在海上用的船用星盘，或通过太阳和星星确定真正的北方所需的反向高度观测仪）、新的海图和地图、新的补给品（压缩饼干或蔷薇果饼干）。现代文献中有一种倾向，即认为地图是主宰技巧，是帝国文化的反映。在我看来，这好像是错误的，尽管约翰·邓恩把绘制天空比作了拥有天空：

用经线，用平行线，

人织出了一张网，并且把这张网

抛到了天上，现在天是他的了。

我们不愿意爬山，或为了上天

如此辛劳，于是我们让天走向了我们。

欧洲的世界地图把欧洲置于中心。但是，据说当利玛窦（Matteo Ricci）向中国人展示一张世界地图时，中国人抱怨说，中国应该在中心。利玛窦立即按照中国人的要求，绘制了一幅新地图。[注]在被用于绘制一张世界地图时，墨卡托的方案（1599）把靠近赤道的国家缩小了，使北方国家显得比其实际大小要大得多。但是，这完全是制订方案时偶然产生的一个结果，是为了把一条航线绘在一张海图上，以便直接用于航海目的。墨卡托的方案把一个三维球体显示在了一个平面上，歪曲了距离，为的是在设计方位时保护精确性。这些图原本意在充当海员的工具，而非突出欧洲的优越。只是对那些不利用它们航海的人来说，它们才仿佛是意识形态表达。

此外，直到18世纪，制图员还主要对绘制航海地图感兴趣。将军们想要的不是精确的地图，而是显示了道路的粗略地图，以便让部队和补给沿着道路移动。这样的地图以道路、隘口、浅滩为中心，无视主要路线左右的一切。它们不显示抽象的空间（开阔的海洋就是如此），而是显示真正的地方。指挥官需要要塞计划、（一种莱昂纳多开风气之先的）鸟瞰图，以便让他们决定把大炮带到哪里，并且不暴露在敌人火力之下，或在哪里阻击、伏击对方的推进。因此，设想力量在陆地上的应用需要的技术和海洋上的极为不同。不仅如此，在很长一段时间里，制图学强化了海洋力量，而非陆地力量（荷兰人几乎完全依赖海洋力量。他们之所以如此痴迷于制图学，原因就在于此）。

这把我们带回了一个严酷的真相，即尽管地图、罗盘、反向高度观测仪、压缩饼干自身是中立的装置，但通过让船只在海洋上航行成为可能，它们让欧洲人得以带着火药技术（无论是从浮动的堡垒上用火炮发射的，还是装配着滑膛枪的登陆部队发射的），来压迫那些没有匹敌的方式来捍卫自身的社会。制图学是作为一套技术而来的，伴着火药武器。火药武器的确和力量有关，无关其他。因此，尽管制图学和航海仪器各自是中立装置，但在实践上，它们是一套确保西方主宰全球500年的技术的一部分。

10

迄今为止，我的观点是，17世纪世界的数学化早就有所铺垫。透视绘画、弹道学和要塞学、制图学和航海学为伽利略、笛卡儿、牛顿准备了基础。17世纪的形而上学把空间视为抽象的、无限的，把位置和运动视为相对的，是以15、16世纪的数学学科为基础的。如果我们想追踪科学革命的开始，就需要回到14、15世纪，回到复式记账法，回到阿尔伯蒂和雷吉奥蒙塔努斯。科学革命首先且最重要的是数学家发动的一场反叛，为的是反对哲学家的权威。哲学家控制了大学课程（作为一位大学教师，伽利略从没讲过别的，只讲托勒密天文学），但数学家获得了王公贵胄和商人、士兵和海员的资助。他们之所以获得资助，是因为他们向世界提供了数学的新应用。这包括很多新仪器的发明，改进了在地球上和天空中进行的测量，如直角仪、六分仪、四分仪。此外，它也受到了新产生的对精确性的痴迷的驱动。精确性和确定性是新科学的口号。

就那些在数学学科中看到一种新型的可靠知识的人而言，雷吉奥蒙塔努斯也许是第一批中的一个，但他不是最后一个。1630年，在日内瓦“一位绅士的图书室里”，在牛津接受了人文主义和经院哲学教育的托马斯·霍布斯发现了一本欧几里得的《几何原本》（*Elements*）。它打开着，正好是第一卷第47命题（我们现在称之为毕达哥拉斯定

理）。“从那一刻起，他就喜欢上了几何。”他很快就立志要以几何原理为基础，构建一种新的道德和政治学科。霍布斯意识到，没有什么东西比数学真理更具确定性。2加2永远等于4，斜边的平方永远等于另外两边的平方之和。这些是放之四海而皆准的真理。要理解它们，就要采纳它们。(注)在大约两个世纪里，从雷吉奥蒙塔努斯（卒于1476年）到霍布斯（卒于1679年），欧几里得和阿基米德为怎样构建一种新知识提供了关键范例，为反对塞克斯都·恩坡里柯（Sextus Empiricus）和蒙田雄辩表达的那种质疑提供了唯一的防御工事。但是，如果由数学家开始的革命想取得成功，就需要找到确立、传播普世真理的其他方式。我们现在就要转向这些方式。

---

1. 布鲁内列斯基的图像的一些图画给前景中的广场施加了一种棋盘图案，为的是更为明显地突出这些是三维绘画，但这些图案根本不与真实的世界对应，与他的形象也是如此。

2. 此处内容见彩色插图11。

3. 此处内容见彩色插图10。

4. 此处内容见彩色插图12。

5. 此处内容见彩色插图18。

6. 有人推测，正是由于这个原因，帕乔利的第一位传记作者贝尔纳迪诺·巴尔迪（Bernardino Baldi，他写作传记的时间是16世纪末）才把那幅画作归于皮耶罗·德拉·法兰西斯卡。皮耶罗在正多面体方面的专业知识名闻遐迩。按照巴尔迪的说法，皮耶罗是帕乔利的朋友，他们都来自圣塞波尔克罗镇，皮耶罗可能是帕乔利的老师。但是，那幅画不可能是皮耶罗画的。这是因为，在这幅画被创作的时候，皮耶罗已经死了。

7. 雅各布·索尔（Jacob Soll）主张，那个年轻人是基多贝尔多·达·蒙特菲特罗本人。他评论说：“一个会计师再怎么也不会被画得优于一位贵族。”这显然令人难以置信。我们还有基多贝尔多一幅上乘的肖像画，里面的人不是他。那幅肖像画被归于拉斐尔（Raphael）。（Soll，The Reckoning，2014，50；引文来自插图标题。）

8. 关于巴尔巴里的出生日期，没有直接证据。但是，在1512年，他被描述为年迈多病。他明确标有日期的最早作品是1500年。按照过去的推定，他出生于1440—1450年之间。现在则有人辩称，他出生于15世纪70年代。但是，这一观点陷入了循环论证，因为它在很大程度上依靠接受帕乔利的肖像画是他画的，同时承认那副肖像画不像他的作品。（Gilbert，“When Did a Man in the Renaissance Grow Old?”，1967；Levenson，“Jacopo de’ Barbari”，2008）

9. 此处内容见彩色插图13、14。

10. 此处内容见彩色插图17。

11. 托勒密的《地理学》没有带插图的副本存世，维特鲁维斯的建筑学大作（产生于奥古斯都为帝期间，公元前27—公元14）没有带图解的副本存世，原因就在于此。原来与维特鲁维斯的著作相伴的图解肯定数量有限，质量极为粗糙。第一版带插图的维特鲁维斯著作出现于1511年。

12. 这有时候被说成是文艺复兴彻底开始的日期。对那些喜欢设想文化变迁可以被限定在精确日期的人来说，彼得拉克于1345年再次发现西塞罗写给阿提库斯（Atticus）的信可以作为一个替代选项，并且更早。彼得拉克的发现象征着古罗马文化遗产的再发现，君士坦丁堡的陷落则标志着古希腊文化遗产的再发现。

13. 夜间时刻测定仪是一种相当不同的仪器。只要知道日期，它就能让你根据绕着北极星旋转的大熊星座中的星星的位置，分辨出夜间时刻。在这里，被测量的角不位于观测者和两个遥远的物体之间，而是星星被当作钟表的指针来读。

14. 克里斯托弗·罗特曼《关于彗星的论述》（Discourse on the Comet，1585）显然扮演了一个关键角色，它直接攻击了球体学说：Granada，Mosley & others，Christoph Rothmann’s Discourse（2014）。

15. 这一故事有个缺陷。伽利略第一次涉足天文学，旨在坚持视差测量证明1604年的新星在天空中。直到1632年，这对他来说仍是一个极其重要的观点。但是，到了1618年（在天主教会谴责了哥白尼学说之后不久），他就拒绝承认视差测量证明了彗星在天空中。他辩称，它们也许只是太阳光的反射或折射，就像彩虹。就彩虹来说，它们不会有可测量的视差。这一观点极其乏力，因为它没有解释为什么彗星不像彩虹那样随着观察者移动而好像在移动，也没有解释为什么人们在地球各个地方、在整个夜晚都能看到它们。它相当于为亚里士多德辩护，反对新天文学。如果伽利略真的严肃对待它（没有迹象显示别的任何人这么做，除了他的学生卡斯提里），那么布拉赫所做的把数据、现象和理论密不可分地联系起来的尝试就是欠考虑的。但是，伽利略不大可能相信他说的话。他正在和耶稣会士论战，后者抛弃了托勒密的观点，接受了布拉赫的观点。因此，伽利略乐于提出任何主张，无论多么荒谬，只要能贬低布拉赫的权威、引领他的读者接受他的基本观点（就当时的状况而言，他不敢表述它）就行。他的基本观点是，除了哥白尼学说，不存在合乎逻辑的天文学理论。如果他严肃对待它，那么（就像他认为潮汐证明哥白尼是正确的，即地球在动）同时代的人就有理由无视他，我们也应该无视他。Wootton，Galileo（2010），157—170。

16. 开普勒说：“每一年，尤其是自1563年以来，各领域著作出版的数量都比过去1000年产生的著作要多。通过它们，一种新的神学和法学得以创建。帕腊塞耳萨斯派创立了新医学，哥白尼派创立了新天文学。我真的相信最后世界是活跃的，甚至是沸腾的，相信这些引人注目的、汇聚在一起的刺激并非徒劳无功。”De stella nova （1608），引自Jardine，The Birth of History and Philosophy of Science （1984），277—278。

17. 我更愿意采用“世界的数学化”，而非“自然的数学化”，因为对我来说，”自然”似乎暗示生物学被包含在内，而非只有物理学被包含在内。

18. 第一批科学家几乎全部在数个学科上做出了贡献［唯一突出的例外是一些医生，如威廉·哈维（William Harvey）］。吉尔伯特既是医师，也是实验科学家。在剑桥大学圣约翰学院任职时，他还是数学考官。他的根本目标是证明哥白尼学说的真实性。伽利略为物理学和天文学做出了贡献，同时又讲授要塞学和光学。惠更斯就钟摆的数学问题和钟表的设计开展工作，但他也发现了土星环。墨卡托和卡西尼氏［始于乔瓦尼·多米尼克·卡西尼（Giovanni Domenico Cassini）］既是制图员，也是天文学家。玻意耳出版了光学和化学著述。牛顿试验了炼金术，也出版了物理学和光学著作。丹尼尔·贝尔努利（Daniel Bernoulli）既出版了天文学著述，也出版了概率论著述。列文虎克（Leeuwenhoek）是第一位伟大的显微镜学家。他虽然相对而言受教育程度不高，不懂拉丁语，但也是一名合格的测量员。我们往往忽视他们的广泛兴趣。布拉赫和哈维是著名的天文学家，但谁又记得他们也是制图员？人们现在只记得哥白尼是天文学家，但他也是货币改革专家，出版了专著《货币制度理论》（On the Theory of Coinag，1526）。在这部著作里，他阐述了我们现在所谓的格莱兴法则，即劣币驱逐良币。直到莱昂哈德·欧拉（Leonhard Euler，1707—1783），新科学基本的跨学科性依然如故。他重新界定了弹道学和行星轨道的概念，在光学上与牛顿发生了争执，最后还就音乐著书立说。当他们在学科间移动时，新科学家们随身带着一套关于如何构建新知识的假设。构成科学革命核心的，正是这些假设。

19. 如果想了解关于对这一问题的一种极其混乱的探讨，可见Mignolo，The Darker Side of the Renaissance（2010），219—226。它攻击利玛窦的所作所为“就好像几何是地的形状的一种非种族、中立的排序的根据”。只有在假定［就像米格诺罗（Mignolo）所做的那样］不存在客观知识这样的东西的情况下，在假定所有知识都是种族的、有偏见的情况下，这种抱怨才有意义。

20. 此处内容可见“关于相对主义和相对主义者的注释”，第6条（586—587）。

第六章　格列佛的世界

但是，在一切景象中，最令人厌恶的是在他们衣服上爬的虱子。我用肉眼就能清晰地看见这些寄生虫的肢体，比通过显微镜看到的欧洲虱子的肢体清晰得多。我还能清晰地看见它们像猪一样凸出的鼻子。它们都是我此前从未看见过的。我原本应该怀着足够的好奇心解剖其中一个，假如我有适当的工具的话。不幸的是，我把那些仪器落在了船上。当然，说实话，那种景象太令人恶心了，我的胃被彻底翻了个个儿。

——乔纳森·斯威夫特，“大人国之旅”，《格列佛游记》

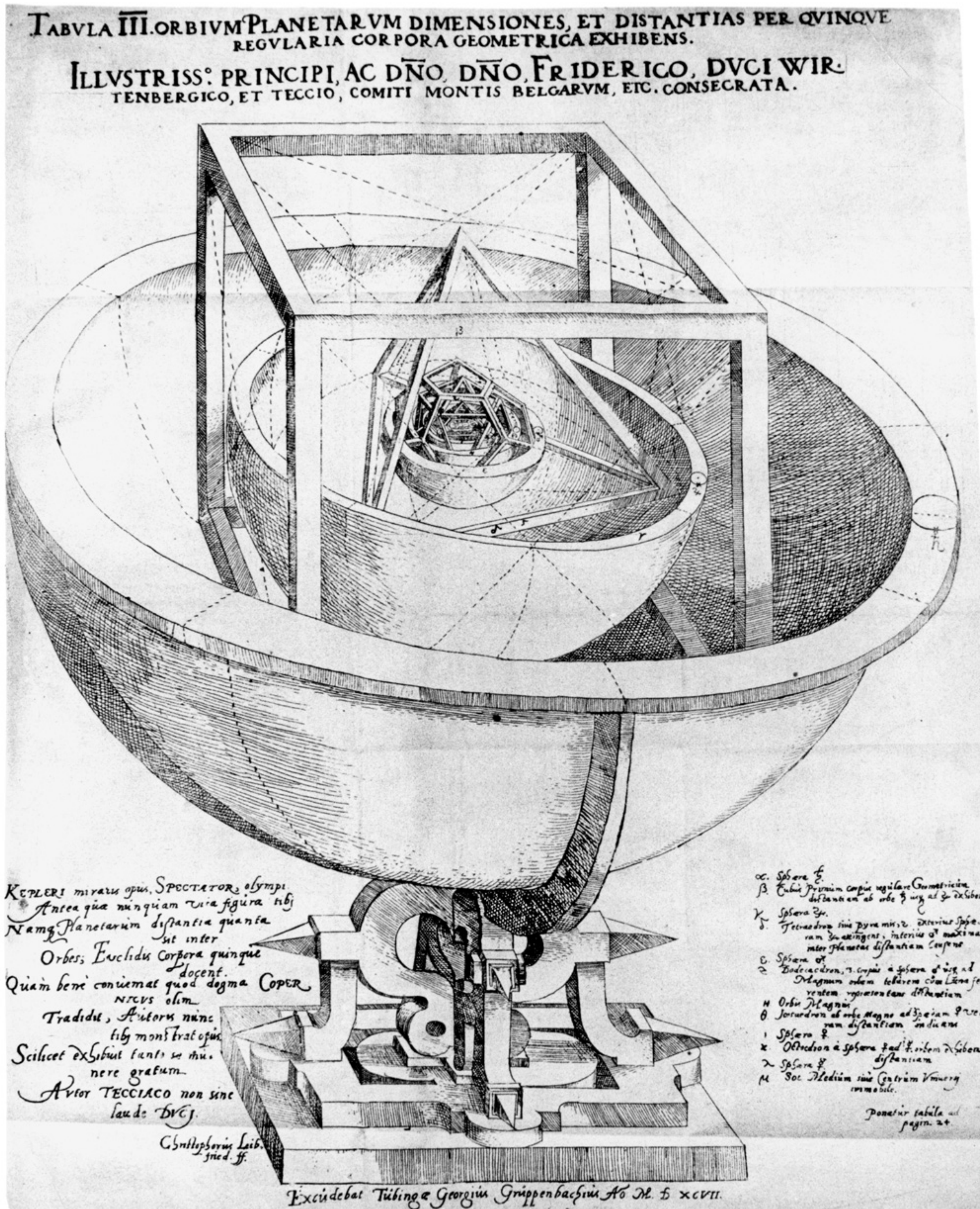
1

1609年年末的一天，开普勒步行穿过布拉格的一座桥，几片雪花飘落在他的大衣上。他感到内疚，因为他没能给他的朋友马蒂亚斯·瓦克尔（Mathias Wacker）送一份新年礼物。他什么也没给瓦克尔。雪花在他的大衣上融化，消失得无影无踪。看着它们，开普勒显然差不多同时领悟了两样东西。每片雪花都是独一无二的，但他们全都像是有六个角的。这让开普勒想到了二维的六角形，以及它们怎样形成一种格子，如蜂巢的小室，或石榴的种子。他还想到，如果瓷砖都一样，都是三角形、正方形和六角形，那么一个人怎样才能用它们来铺一个地板，并且只能铺成什么样的形状。他也想到，如果你堆叠炮弹，那么你能堆叠出什么形状。开普勒觉得他能够找到最节省空间的堆叠球体的办法。他的观点现在已经被称作开普勒猜想（最佳的排列方案是，每一层球体的中心位于下层球体之间的空间的中心），并且在1831年被证明对所有规则的格子为真，于1998年被证明对球体的任何可能的排列为真。对开普勒来说，这是应用数学。1591年，沃尔特·雷

利（Walter Raleigh）爵士曾经询问托马斯·哈里奥特，应该怎样把炮弹堆叠在船的甲板上，以便尽可能多地运载。哈里奥特把这一问题交给了开普勒。

据我们所知，开普勒是第一个设想雪花也许值得仔细审视的人，他依据它们写的那本小册子［《六角雪花论》（*On the Six-cornered Snowflake*），1611］现在被颂扬为结晶学的奠基文本。但是，他之所以写它们，是因为他也想到了他忍不住要表达的一句双关语。雪花的拉丁语词是“*nix*”，几乎和表示一无所有的那个德语词一样。如果你给某人一片雪花，那么你就什么也没给他。他可以给他朋友一本关于雪花的小书。它既可以是某种东西，也可以什么也不是。他将再也不会因为什么也没给他朋友而感到难堪了，现在他可以为此感到自豪。

就像伽利略那样，开普勒相信，自然之书是用几何语言写就的。在其第一部主要著作《宇宙之谜》（*The Cosmographic Mystery*，1596）中，他就主张，如果五种柏拉图固体以一定的顺序层层嵌套（从内及外依次是八面体、二十面体、十二面体、四面体、立方体），那么你将得到的空隙就是哥白尼体系中行星之间的空隙。如果上帝是个数学家（并且能够质疑它），那么你必然期盼在最不可能的地方找到一种数学逻辑，例如在太阳系结构或一片雪花中。



开普勒对层层相套的五种柏拉图固体（立方体、十二面体、二十面体、八面体、四面体）的呈现，来自《宇宙之谜》。他认为，如果那些固体按正确的顺序层层相套，一个球体刚好能被装进每个固体里面，那么行星球体的大小就与这个球体的大小对应。他认为，这证明上帝喜欢在其宇宙设计中显示数学对称。

因此，为了在雪花中发现一种数学秩序，开普勒在概念上做了准备。但是，他吃惊地看到，自己在那里寻找，找遍了所有地方，却发现相同的顺序在大东西和小东西里都起作用。说实在的，他发现自己在考虑一种可能性，即雪花是由同一个塑形中介制成的。它既不可能是冷，也不可能是汽，而必然是地球自身：

但是，我正在愚蠢地得意忘形，企图赠予一个几乎一无所有的礼物，我几乎完全做不到，我完全不以为然。这是因为，从这个几乎一无所有开始，我已经近乎重新创造了整个宇宙，并且这个宇宙无所不包！此外，在避开探讨这个最小的动物（沙虱）小小的灵魂之前，我现在不正在一个小小的雪花原子里呈现三倍于最大的动物（也就是地的球体）的灵魂吗?

开普勒喜欢他的一无所有的笑话。他甚至想象当地一个医生解剖了沙虱。沙虱是人眼所能看到的最小的生物，因此当然无法被解剖。

两个月后，3月15日，由于好友瓦克尔的到来，开普勒的世界变了。瓦克尔十分激动，甚至没有下车进屋，就喊出了他带来的消息。有消息说，威尼斯有个叫伽利略的人使用了某种新仪器，发现了绕着一颗遥远的恒星旋转的四颗行星。布鲁诺是对的，宇宙是无限的，存在其他地。开普勒一直坚持认为太阳和地球是独一无二的，显然错了。开普勒描述他们互相喊叫、大笑。瓦克尔为自己的胜利而高兴。开普勒也对自己错了一笑置之，对这样一种非凡的发现的想法感到高兴。

伽利略的书［被献给了美第奇家族的科西莫二世（Cosimo II），即佛罗伦萨的统治者；伽利略不久之后就从威尼斯搬到了佛罗伦萨］已经于3月13日出版。4月8日，一个副本抵达了布拉格的外交使团驻地，被佛罗伦萨大使呈递给了皇帝，皇帝则直接把它给了开普勒。结果证明，瓦克尔听到的传言是错误的。[注]实际上，伽利略发现的是绕

着木星旋转的卫星，而非绕着一颗遥远的恒星旋转的行星。布鲁诺最终并不一定对。不过，这一新发现肯定证明了被认为是哥白尼提出的一个主张，即地球是一颗行星，同时月亮绕着它转。对托勒密（对他来说，月亮是一颗行星）和布拉赫的支持者来说，这显得太令人难以置信了。

2

关于伽利略的发现的故事显得很简单。1608年，望远镜在荷兰被发明出来。发明过程可能是一个偶然发现，发现人是镜片制作者汉斯·利伯希（Hans Lippershey，另有两个镜片制作者不同意利伯希的领先主张）。1609年，虽然从没见过望远镜，但伽利略找到了制作它的方法。它显然可以应用到战争上，无论是在陆上还是海上。于是，他说服威尼斯政府对他的这一发现予以嘉奖。没过几天，政府人员就有些恼火地发现，望远镜正在变得到处都能得到，伽利略把他们骗了。伽利略的第一架望远镜是一架8倍放大望远镜。到了1610年年初，他已经成功地制作了一架30倍放大的望远镜，并且开始观测天空。

文献中一再使用一个标准短语，即“伽利略把他的望远镜转向了天空”。他的确这么做了，时间是1609年秋天。哈里奥特在英国做了同样的事情，而时间要比伽利略早4个月（他的望远镜6倍放大）。问题在于伽利略为改进他的望远镜付出了巨大努力，在他的仪器上打磨了200个镜片，为的是制作10架20倍放大或倍数更大的望远镜。奇怪的是，就其表面的军事用途而言，这些望远镜的功能过于强大。它们的视界不大，伽利略只能在一个时候看到月球的一部分。如果用双手握住望远镜，那么视野会摇晃摆动，你看到的东西不断滑出视界。因此，它们需要某种支架之类的东西。

为什么说伽利略的望远镜功能太强，不适合用于航海或军事呢？如果你正在寻找海上的船只，因地球的曲率形成的地平线将决定你能看多远。在地平线之上24英尺（约7.3米）高的地方，你只能看6英里

（约9.7千米）远。一艘战舰上的瞭望员最远能看到约12英里（约19.3千米）远的另外一艘战舰。火炮的实际射程约1英里（约1.61千米），因此在陆地战争中，不需要比火炮射程远得多的视野。1636年，在即将谢世之前，伽利略与荷兰人进行了谈判。他拥有一项珍爱的计划，想通过把木星的卫星用作时钟，以计算出一艘船只所在的经度（直到1761年，一种可靠的航海天文钟才得以被发明）。当时，在整个荷兰，没有一架望远镜有20倍放大的能力。但是，荷兰人拥有大量望远镜，足以胜任军事或航行用途。如果20倍放大的望远镜有实际用途，那么荷兰人应该早就拥有它们了。注很显然，伽利略当时已经把望远镜变成了一种功能强大得只有一个用途的仪器，即观测天空。他已经把它变成了一种科学仪器。其他人则加快脚步追赶他，其中包括哈里奥特。

在这里，重要的是区别望远镜的影响和显微镜的影响。它们基本上是同一种东西。因此，伽利略刚拥有一架望远镜时，就用它来研究苍蝇。他后来设计了一台功能更强、可以放在桌子上的仪器，研究了苍蝇怎样才能爬上玻璃。但是，在描述通过显微镜能够看到的东西方面，直到1625年，才出现了第一种出版物。那是一个大张单页印刷品，名为“蜂房”［The Apiarium，是关于蜜蜂的，为的是向教皇乌尔班八世（Urban VIII）致敬，其家族巴贝里尼的族徽是蜜蜂］。第一部主要出版物是胡克于1665年出版的《显微图》（*Micrographia*）。另一方面，望远镜几乎在一夜之间改变了天文学，显微镜则是被慢慢地应用（此外，到了那一世纪末，又迅速被抛弃了）。原因很简单，存在已经确立的天文理论主体，而用望远镜看到的东西与它产生了矛盾。在望远镜与他们的研究的关联性上，天文学家们几乎不可能存在争议。但是，显微镜让人们看到了一个此前未知的世界，很难确定怎样把它产生的新信息与已经确立的知识关联起来。望远镜直接应对已经在讨论的问题。显微镜打开了新的探索路线，但它们与目前的关注的联系不够明显。望远镜兴盛、显微镜了无生气这一事实表明，把科学革命理解为一场革命是适当的。就是说，它是对以前的一种秩序的反

叛。望远镜和显微镜都产生了新知识，但在17世纪，只有望远镜直接危及了现存秩序。

然而，1609年，望远镜将改变天文学这一趋势还远不明显。假如明显的话，就会有很多天文学家尝试制作高能望远镜（就像伽利略刚公布了他的发现那样）。伽利略为什么会严肃地把它当成一种科学仪器呢？他似乎显然认为，如果他的望远镜足够强大，那么他肯定能看到某种东西。是什么呢？这一问题只能有一个可能的答案，即他在寻找月亮上的山脉。正统的学说认为，作为一个天体，月亮是一个绝对光滑、圆的球体。无论怎么解释，它的色调的变化肯定不是由于任何的表面不规则。但是，伽利略熟悉普鲁塔克的观点。普鲁塔克曾经主张，月亮上有山脉和峡谷。开普勒非常痴迷于这一思想，于是在1609年，作为与瓦克尔交流的一部分，他开始创作一个关于到月亮上旅行的故事（在他去世后，这本书终于在1634年得以出版）。这堪称第一部科幻作品。他认为，从月亮上看，人们会产生错觉，觉得月亮静止不动，而地球则在天空中飘浮。开普勒并不是唯一一个设想月亮和地球有相似特征的人。1604年，某个与伽利略关系密切的人（也可能就是伽利略本人）在佛罗伦萨匿名出版了一个小册子，声称月亮上有山脉：

月亮上也有高耸的山脉，就像地球上那样。或者倒不如说，要大得多，因为（就连）我们也能感觉到它们。由于它们，而非由于别的什么，月亮上升起了小得可怜的黑暗。这是因为，（正如透视画家讲的那样），蜿蜒的山脉无法像月亮平坦、光滑的部分那样，获得并反射太阳光。

1609年，当伽利略把经过他改进的望远镜指向月亮时，他能够看出某种东西。与“小得可怜的黑暗”相比，这种东西要醒目、明确得多（根据推测，它是我们现在所谓的环形山）。他得以证明，沿着明暗界线（月亮的光亮部分和黑暗部分之间的界限。如果月亮是一个完美

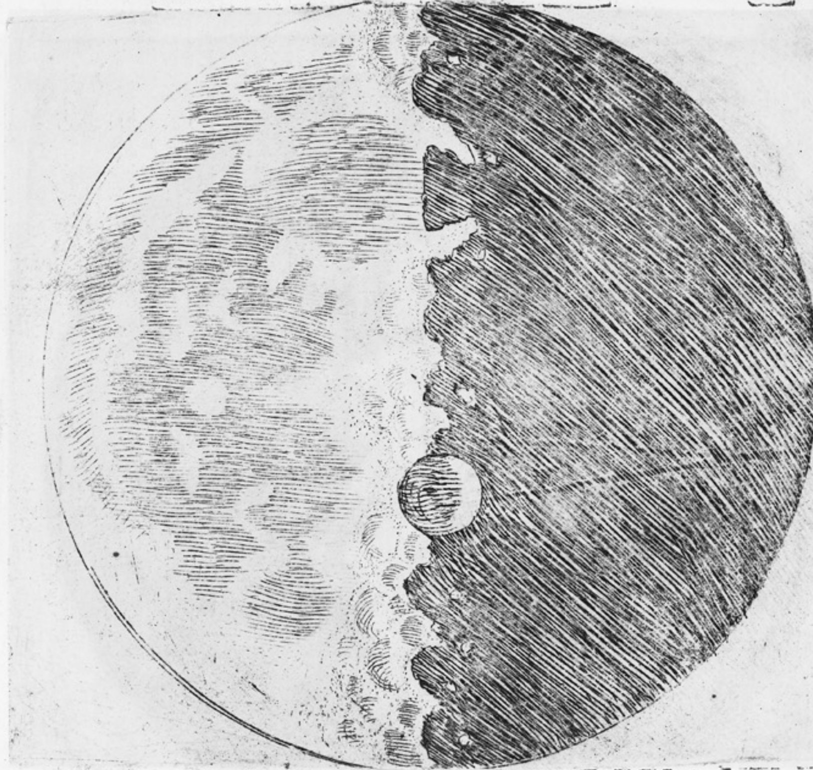
的球体，那么它应该是一条平滑、不断裂的线），人们可以看见，原本应该光亮的地方有黑点，原本应该黑暗的地方有光斑。他认为，这些是阴影和加亮区，就像太阳照射山脉时，你能在山脉上发现的东西。他已经证实了普鲁塔克的理论。此外，不管他喜欢与否，他都已经重新提出了存在宜居世界的问题。正如约翰·邓恩在1624年所说的那样（也许回顾了库萨的尼古拉的观点）：注

自然中固有的人很少认为这个世界有什么唯一的东西，就像他们很少认为世界自身是唯一的，而是认为行星、恒星是与这个世界相似的世界。他们发现有理由认为，不仅世界上的每一个物种是复数的，就连世界也是复数的。

在《星际信使》（1610）中，除了哥白尼，伽利略不承认借鉴过任何人。普鲁塔克、库萨的尼古拉、布鲁诺、德拉·波尔塔（della Porta）甚至不值一提。开普勒觉得这不公平（他显然认为，他对该领域做出了自己的贡献，并且就此而论，他的一些贡献并非不相关、不重要）。望远镜天文学被呈现为一种崭新的开始，也的确如此。

很凑巧，哈里奥特也看到了伽利略看到的东西。我们拥有一张他在1609年7月26日绘制的草图。看一下这张草图就会发现，明暗界线显然是不规则的。但是，这种不规则是科学家所谓的“噪音”信息，没有意义，不传达任何信息。我们还有一张哈里奥特绘制的另外一张草图，标注的时间是1610年7月17日。这一次的不同之处在于，哈里奥特此时已经读了伽利略于当年春天出版的《星际信使》。他此时看到的正是伽利略已经看到的东西。说实在的，他当时正在做的显然是比较伽利略的图解和他通过他的望远镜能够看到的东西，因为伽利略的图解和他的图解都以一个巨大的圆形岩瘤为特征。实际上，月亮上没有这样凸出的物体。学者们已经暗示，伽利略有意放大了一座环形山，以便让观看者似乎能够把它拉近，细细观看。哈里奥特看着月亮，看到了不规则的明暗界线，看到了加亮区和阴影，看到了伽利略所描述

的山脉和峡谷。他也让自己相信，他看到了伽利略想象的环形山。一旦伽利略描述了他看到的东西，一旦他训练观察者怎么看，那么月亮上有山脉和峡谷就几乎无可置疑了。但是，只有伽利略能理解他正在看着的东西，因为他的望远镜比哈里奥特的好，他（与哈里奥特）习惯于看透视绘画。1604年的那个匿名作者坚持认为，透视理论将为阐释月球的图像提供钥匙。他完全正确。



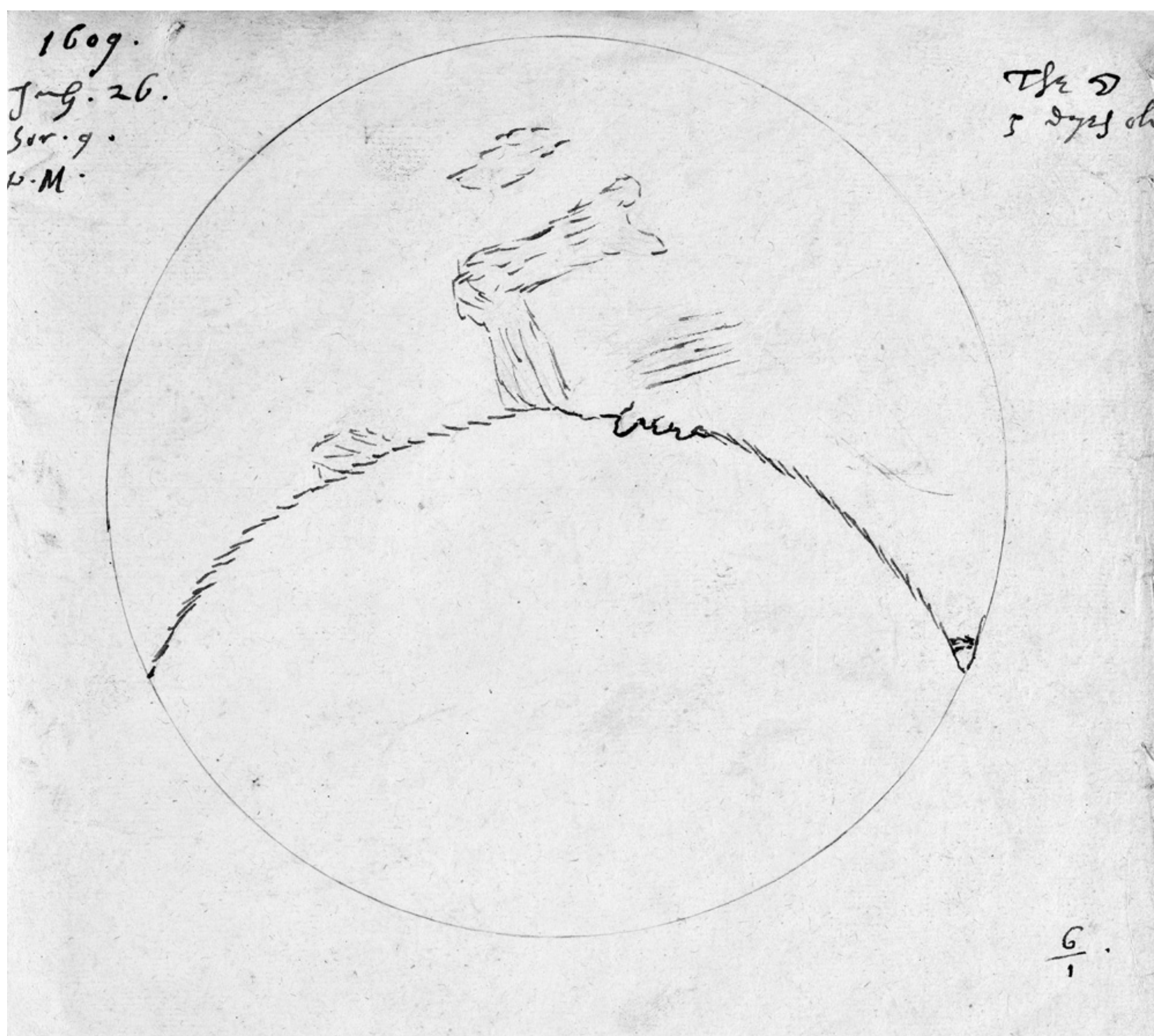
Hæc eadem macula ante secundam quadraturam nigrioribus quibusdam terminis circumuallata conspicitur; qui tanquam altissima montium iuga ex parte Soli auersa obscuriores apparent, quà verò Solem respiciunt lucidiores extant; cuius oppositum in cauitatibus accidit, quarum pars Soli auersa splendens apparet, obscura verò, ac vmbrosa, quæ ex parte Solis sita est. Imminuta deinde luminosa superficie, cum primum tota fermè dicta macula tenebris est obducta, clariora mōtium dorsa eminenter tenebras scandunt. Hanc duplicem apparentiam sequentes figuræ commostrant.



伽利略的一幅月亮插图，来自《星际信使》（1610）。伽利略意在显示明暗界线（月亮发亮部分和黑暗部分之间的那条线）并不光滑，而是蜿蜒曲折，证明月亮不是一个完美球体。在明暗界线的两边，你可以看到阴影（明亮的一边）和加亮区（黑暗的一边），就像太阳升起或落到一座山脉上方时，山峰在峡谷之前被照亮。

在观测月亮后，伽利略把他的望远镜转向了木星，发现木星有卫星。按照传统的托勒密理论，所有天体都绕着地球旋转。哥白尼理论的一个困难是，它不仅让地球动了起来，把太阳放在了宇宙的中心，还要求在地球绕着太阳转的同时，月亮绕着地球转。木星的卫星的发现间接支持了月亮绕着地球转这种猜想。伽利略当时匆匆出版了他的发现，在几个月的时间里改变了天文学。在那几个月里，其他人也赶忙获取望远镜，以便验证伽利略的发现。

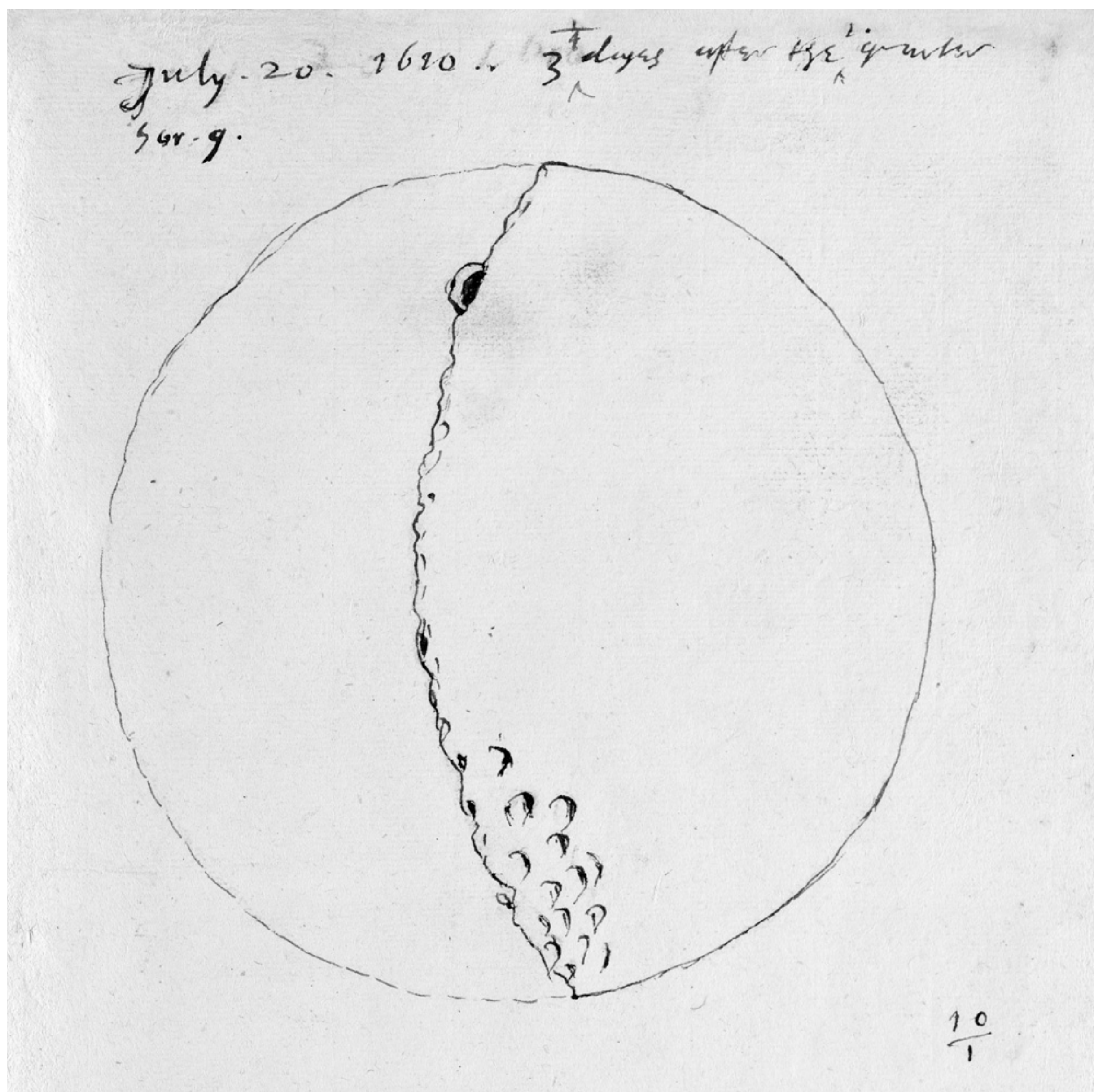
但是，与乍看之下相比，这一故事还有更多的东西。伽利略不仅做出了一个非凡的发现，还利用他的望远镜，在以前显然一无可看的地方看到了某种东西。1609—1610年冬，他已经把似乎一无所有的东西变成了某种东西。那种认为你能够从几乎一无所有重新创造整个宇宙的思想显然是荒谬的，但那正是伽利略正在做的事情。那种你可以解剖一只沙虱的想法在1610年也是荒谬的，但由于有了显微镜，这种想法也将很快变为现实。



哈里奥特绘制的第一幅月球图，是通过他的望远镜看到的月亮，在他读伽利略的著作之前。哈里奥特没有明白，那种光和暗的图案可以被解释成证明了月亮拥有山脉和峡谷。因此，那对他是没有意义的。

对这个什么也没有可以变成有什么的新世界，开普勒的准备最为充分，无人可及，就连伽利略也比不了。他迅速给伽利略写了一封信［这封信迅速在布拉格、佛罗伦萨、法兰克福出版，名为“与〈星际信使〉的讨论”（*Dissertatio cum Nuncio sidereo*）］，赞扬伽利略的发现，尽管有人怀疑伽利略撒谎，开普勒也尚未用他自己的眼睛证实这些发现。他说，如果就像伽利略所声称的那样，月亮上有山脉，那么布鲁诺在一定程度上就是正确的，也许月亮上有人居住，生命并不局

限于地球。开普勒试图制造他自己的望远镜，但质量不行，无法看到木星的卫星。9月5日，他设法获得了伽利略送给科隆选帝侯的一架望远镜，终于亲眼看到了木星的卫星。开普勒曾经将他的雪花描述得像小星星，现在他把他的望远镜转向任意一处，都能看到它们，厚得足以形成一场暴雪。



在读过伽利略的《星际信使》后，哈里奥特绘制的月球图。在伽利略的影响下，哈里奥特画了一个巨大的圆形物体。这个圆形物体在伽利略的图解中出现了，但实际上并不能在月亮上看到。有人暗示，伽利略有意放大了一座典型的环形山，是为了显示它的结构，就像在它上面可以被看到的阴影和加亮区所显示的那样。哈里奥特可能如法炮制了，或者他也许由衷地

相信那个结构就在那里，因为借助一架优良的望远镜，他在某一时刻看到的只是月亮圆盘的一部分。

3

我们很容易假定，《星际信使》中报告的发现是伽利略用望远镜做出的最重大的发现。实际情况并非如此。似乎就在《星际信使》出版后不久，伽利略第一次观测到了太阳黑子。太阳黑子可以算作证明天空中存在变化的决定性证据，但他最初不知道该如何理解它们。这种情况一直持续到了1611年4月，此时伽利略发现的太阳黑子开始引起其他人的关注。

1611年10月，移居到佛罗伦萨的伽利略开始通过他的望远镜观测金星。他的初衷很简单。无论是对哥白尼体系还是对托勒密体系来说，金星都是个问题。这是因为，按照这两种理论，金星到地球的距离变化相当大。按照托勒密体系，它在一个巨大的本轮上运动，使它有时候离地球较近，有时候较远。按照哥白尼体系，由于金星和地球都绕着太阳转，它们之间的距离必然变化剧烈，有时候它们必然处在太阳相反的两面，有时候必然介于地球和太阳之间，且相对而言距离地球很近。然而，尽管金星在天空中有时候较亮，有时候不太亮，但要看到两种理论必然预言的变化却不容易。说到观测金星，伽利略还有一个深层的原因。他已经主张月亮是一个不透光的天体，只是通过反射太阳光才闪闪发亮。他解释说，月亮黑暗的一边之所以有时候似乎通过它自己幽灵般的光闪亮，是因为它被地球反射的光照亮了；正如我们在地球上看到月光，因此在月亮上也有地球光，并且后者在那里肯定比月光在这里亮得多。如果金星也同样是个不透光的天体，那么它就会像月亮那样拥有相。于是，伽利略想看看金星是否有相。

他肯定从一开始就意识到，如果金星的确有相，它们的性质将确定托勒密天文学的基础到底牢不牢。在金星是否距离地球比距离太阳更近上，托勒密派天文学家无法达成一致意见。如果金星距离地球比

距离太阳近，那么它的相必然介于新月状和一半之间，绝不会越过半被照亮点。然而，如果金星距离地球比距离太阳远，那么它的大小将会随着时间推移而变化很大，它将几乎永远是一个满圆，绝不会比满圆差太多。

在1611年之前，托勒密、哥白尼、第谷天文学之间的竞争代表着一种真正悬而未决的状态。在存在了很多世纪的托勒密（或地心说）体系中，恒星、太阳、行星、月亮全都绕着地球，但行星和太阳也在其他圆周（本轮）上移动。在于1543年才被提出来的哥白尼（或日心说）体系中，行星（地球是其中之一）绕着太阳，但月亮绕着地球。第谷体系，或地日心说体系，是于1588年被发明的，被当作了哥白尼学说的一个替代选项。在第谷体系中，行星绕着太阳，太阳和月亮绕着地球。在得到充分说明时，这三种体系在几何上是相当的。就是说，尽管它们结合圆周的方式不同，但就从地球上用肉眼观看时天体的明显位置而言，它们产生了相同的预测。[注]托勒密结合一个圆周和一个本轮，来预测一个行星的运动，所产生的结果与哥白尼结合那个行星的轨道和地球轨道进行预测的结果完全相同，也与布拉赫结合太阳的轨道和地球的轨道进行预测的结果完全相同（正如向前迈一步，然后向左迈两步，等于向左迈两步，然后向前迈一步）。这就是为什么，仅仅根据与天空中行星的位置相关的信息，不可能在它们之间做出取舍。[注]

人们普遍认为，应该有可能构建第四种体系，以更好地符合亚里士多德哲学的要求。这一体系将是一个同心体系，所有的圆都共有一个中心，最好是地球。尽管各种主要知识人物做出了各种努力，但没有人能够成功构建起来这一体系，其中包括雷吉奥蒙塔努斯（1436—1476）、亚历山德罗·阿基利尼和吉罗拉莫·弗拉卡斯托罗（1478—1553）。它无法被构建得（正如我们会说的那样）符合事实。[注]472（就连哥白尼体系也没有实现同心说，因为月亮绕着地球转，而非绕着太阳。）

1610年，伽利略发现了金星的相，从而证明金星绕着太阳旋转。在此之后，托勒密体系就显得不切实际了。当然，它仍能够辩称，一些行星（水星、金星、火星）绕着太阳转，其他行星（土星、木星）绕着地球转。这是里乔利于1651年出版的《新天文学大成》（*New Almagest*）得出的结论。此时，仅剩下两个（或两个半）现存的体系。在接下来的差不多半个世纪里，聪明、见多识广的人难以在它们之间做出选择。于是，（比如说）在1610—1710年，宇宙学理论悬而未决，因为至少有两个体系可以获得强有力的证据的支持。但是，有一点是肯定的，即每个人都同意，托勒密体系和同心体系显然不切实际。

伽利略于1610年6月开始观测金星，一旦它离太阳远到清晰可见就开始观测。刚开始没有什么有趣的东西可看，因为金星在他的望远镜里是个满圆，并且显然处在太阳遥远的一侧。但是，到了10月初，金星显然正在改变形状，缓慢地向成为一个半圆移动。伽利略日复一日地认真观察着这种变化。12月11日，他给开普勒发了一个暗语。在被解码后，这个暗语这样说："爱之母（即金星）模仿了辛西娅（即月亮）的形状。"到了这时候，伽利略已经知道，金星有相（这意味着它是一个不透光的物体，通过反射光发亮），它所展现的相的范围与托勒密天文学不一致。托勒密天文学要求金星总是要么距离地球比距离太阳远，要么距离地球比距离太阳近。他等待了好长时间才确信无疑，然后在12月30日给他的学生卡斯泰利（他曾经在一封信中询问过伽利略。伽利略在12月11日就应该收到了这封信。这封信显然鼓励了伽利略向开普勒暗示他的发现，即金星是否有相的问题）、罗马首屈一指的数学家克里斯托弗·克拉维于斯写信，宣布他的发现。1611年1月1日，他写信给开普勒，解码了他较早时候发送的信息。开普勒则继续在其《折射光学》（*Dioptrice*，1611）中出版他与伽利略的通信。

克拉维于斯和开普勒毫无困难，立即就能证实金星有相，因为他们所要做的就是把一架合适的望远镜对准正确的方向。但是，有相的

金星完全不符合托勒密天文学；它不是相从新月形到完满的金星，这样的金星必然处在一个环绕太阳的轨道上。你不需要观察整整一个序列的相。你需要做的只是要么看到金星从近乎完满到一半（就像伽利略在12月里看到的那样），要么看到它从新月到接近一半。

就在伽利略宣布他的发现的时候，金星正在朝太阳移动。3月1日，行星汇聚发生了。没有什么有趣的东西可看，因为随着金星从汇聚中显现，1月1日—3月1日发生的所有相都会以相反的顺序重复发生。3月5日，伽利略宣布了他前往罗马的意图。19日，他仍在不耐烦地等待一个轿子来抬他。他还抱怨说，他需要赶上一个最后期限。注 又过了一两天，他动身了。于是，当耶稣会天文学家把他们的望远镜转向金星并观察着它向一个半圆移动时，伽利略已经身处罗马。3月，克拉维于斯可能对他的《球体》（*Sphere*）新版做了修订。他认真地记录了伽利略的发现，精确到日期（他没有提及太阳黑子，伽利略尚未引起他对太阳黑子的注意）。他提及了金星的相。他还说，由于这些新发现，天文学家将不得不修正他们的理论。他没有说的是，金星绕着太阳旋转。他说的话和他没说的话同样重要。与之相似的是，在4月里，红衣主教贝拉明询问耶稣会天文学家，伽利略的发现是否得到了证实。他们说它们被证实了（当然，他们报告说，克拉维于斯认为或许可以把月亮上的山脉看成内部结构，而非外部结构），其中包括金星的相。他们没有提及金星绕着太阳旋转。

然而，5月18日，耶稣会天文学家为伽利略举办了一场宴会。奥多·冯·马尔科特（Odo van Maelcote）开办了一个讲座。他在讲座中宣布，尽管他们尚未看到作为一个满圆的金星（这在接下来的几个月里不会发生，因为金星靠近了太阳，在1611年12月转到了它的后面），他们所看到的已经足以证明，金星的确不绕着地球转。听众中的哲学家对此感到震惊，伽利略则自然对得到肯定、受到款待感到兴奋。克拉维于斯这时候病得很重，我们不知道他利用这一新证据做了什么。

有必要把马尔科特宣布的东西理解成一种具有致命性的事实。这一事实证明托勒密的模型是错误的，而按照这一模型，所有的行星（包括太阳和月亮）都绕着地球转。金星显然绕着太阳运动（随着时间向下一个行星汇聚推进，这一点会变得越来越清晰），并且可以推定水星也是如此。在5月18日后，已经存在了1400多年的托勒密体系遭受了致命打击。此时，就需要在哥白尼学说（所有的行星都绕着太阳转，其中包括地球）、布拉赫体系（所有行星都绕着太阳转，而太阳绕着地球转，地球仍然一动不动地居于宇宙的中心）、布拉赫和托勒密的一种折中（内层行星绕着太阳转，外层行星绕着地球转）之间做出选择了。一旦听到金星有一整套相，称职的天文学家选择放弃传统的托勒密体系。只有孤陋寡闻的哲学家才有可能继续捍卫它。此外，人们普遍承认，第谷体系与固体天球理论相悖。此时，如果有谁相信固体球体的人，那么他将不得不设想绕着地球转的太阳、一个均轮之上的一个本轮，然后设想绕着太阳转、必然切穿太阳球体的水星和金星。并不出人意料，这被视为进一步反对固体球体（直到生命尽头，克拉维于斯还在捍卫固体球体）的证据。

按照当代的科学历史和哲学，致命的事实这样的东西是不存在的。我们已经看到，自从发现了美洲，两球体理论就无法生存了。现在，我们发现，有了金星的相的发现，传统的托勒密天文学就无法生存了。于是，1611年8月，反哥白尼的数学家玛格丽塔·萨罗基（Margherita Sarrocchi）把金星的相描绘为“金星绕着太阳转的几何证明”。1612年2月5日，耶稣会天文学家克里斯托弗·格林贝格（Christoph Grienberger）从罗马给伽利略写信说，金星每年的变化“就像月亮每月的变化那样，非常清晰地证明它绕着太阳转”。1612年5月4日，伽利略就太阳黑子给马克·韦尔泽（Mark Welser）写了第一封信。在谈及金星的相时，他写道：“这些……将不会留下空间让人怀疑……它绕着太阳旋转。”在太阳黑子问题上，耶稣会天文学家克里斯托弗·沙伊纳是伽利略的对手。1612年7月25日，沙伊纳写信给韦尔泽，把金星的相描述为一种“不可抗拒的观点”。他写道：“金星绕着太阳转。将

来审慎的人几乎不敢怀疑这一点。”在写于1612年12月1日的第三封关于太阳黑子的信中，伽利略写道，金星的相“起到了一种单一的、牢固的、坚实的观点的作用，确立了它绕着太阳的旋转，以至于没有给质疑留下任何空间”。没有一个人会愚蠢到反驳这些主张的程度。注

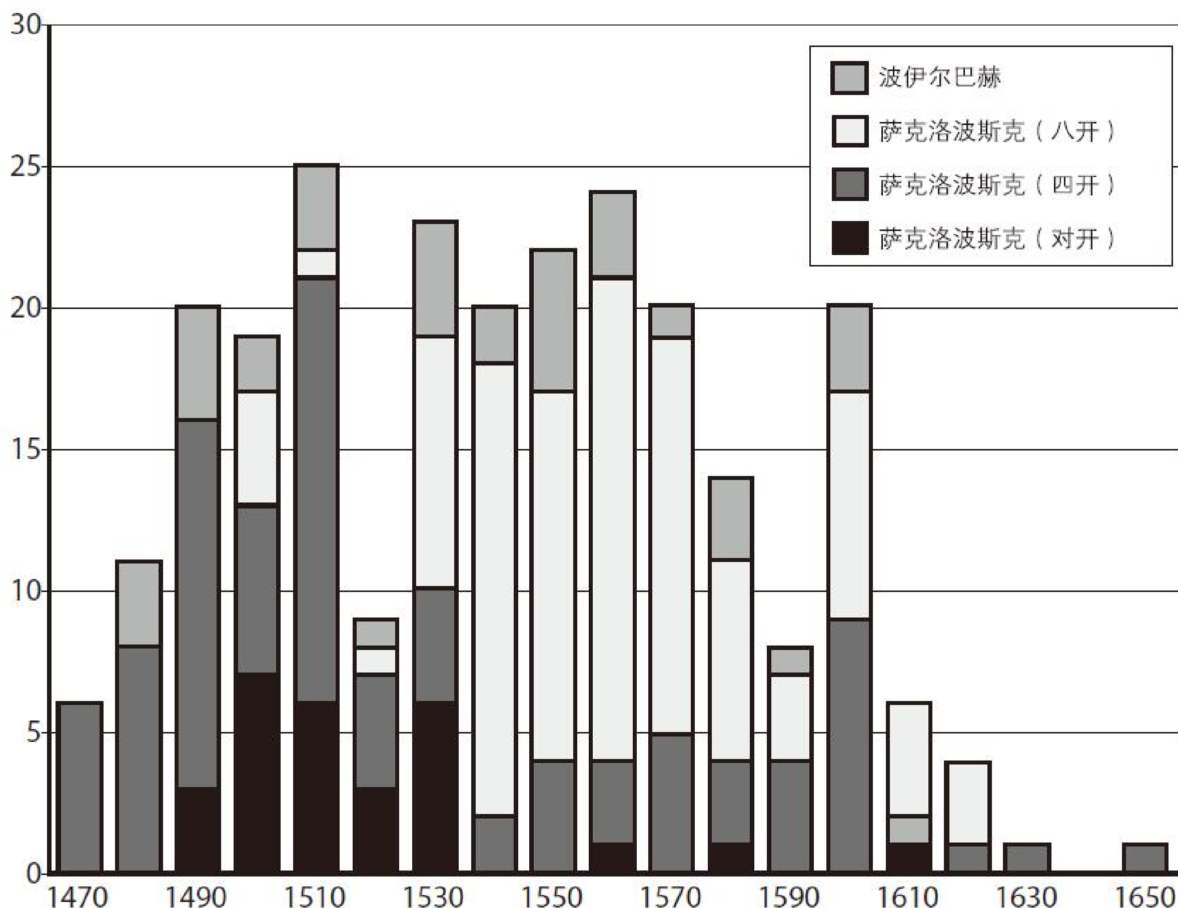


Dies diei eructat uerbum
Et No nocti indicat scientiam
Numerus
Mensura
Pondus
Non Inclinabitur in Sæculum Sæculi
Videbo Cælos tuos opera digitor tuor.
Ponderibus librata suis
Erigor dum corrigor
Cl. Ptolem.



乔瓦尼·巴蒂斯塔·里乔利的《新天文学大成》（1651）的卷头插画。在正义女神阿斯特蕾亚（Astraea）提着的天平里，悬着第谷·布拉赫和哥白尼彼此竞争的世界体系。里乔利是最后一个坚持第谷体系优越的主要天文学家。托勒密体系被丢在了地板上。当伽利略发现了金星的相时，它就变得无法辩解了。托勒密本人位于背景之中，垂头丧气。在里乔利版本的第谷体系中，木星和土星绕着地球旋转，而非绕着太阳。

传统的托勒密天文学一直兴盛到了1610年，但之后立即陷入了危机。只要看看萨克洛波斯克的《球体》这一标准教科书，再看看波伊尔巴赫的《新行星理论》（*Theoricae novae planetarum*）这一更高级的教科书，就很容易明白这一点。举个例子，尽管在1570—1611年，仅仅克拉维于斯对萨克洛波斯克的《球体》做的注解就出版了15版，但到了1618年，《球体》单行本就出版了最后一版。［相比较之下，开普勒的《哥白尼天文学概要》（*Epitome of Copernican Astronomy*）只出版了两版。它的第一部分首次出版于1618年。］克拉维于斯的注解的出版地有罗马、威尼斯、科隆、里昂、圣热尔维。能够取代萨克洛波斯克、波伊尔巴赫、克拉维于斯的教科书没有出现。原因很简单，在宇宙的组织方式问题上，人们没有达成新的共识。这种情况一直持续到了18世纪牛顿学说的最终胜利。到了那时，各国语言已经取代了拉丁语，于是没有教科书能够像过去那样成为国际性的存在了。



这一图表显示了萨克洛波斯克的《球体》（对开、四开、八开版本被分开显示）和乔治·冯·波伊尔巴赫的《新行星理论》的不同版本的数量。这两部书是标准教科书，一部是基础教科书；另一部是高级教科书。是为了文艺复兴时期的大学生学习天文学而编写的。柱状物底部的数字是每个十年的第一个年份，因此1470指的1470—1479这十年。哥白尼的《天体运行论》的出版（1543）显然没有对这些书的销售产生影响。但是，在1577年的彗星和第谷·布拉赫新体系于1588年出版后，这些书的销量明显下滑了。然而，在1600—1609年，对这些书的需求重新高涨起来。这不仅仅是由于新的、更复杂的注释本以大四开本出版，如克拉维于斯的注释本，也是由于便宜的八开本出版。然而，在伽利略用望远镜做出发现后，需求开始迅速崩溃。从这一证据看，毁掉托勒密天文学的似乎是望远镜。萨克洛波斯克著作的出版采用的是来自于尔根·哈默尔（Jürgen Hamel）的《约翰尼斯·德·萨克洛波斯克的〈球体〉之研究》（*Studien zur “Sphaera” des Johannes de Sacrobosco*，2014）中的清单，波伊尔巴赫则来自世界书目。我要感谢（一直如此）欧文·金格里奇（Owen Gingerich），他和我探讨了这一图表，还建议我用开本分解萨克洛波斯克著作的出版。

4

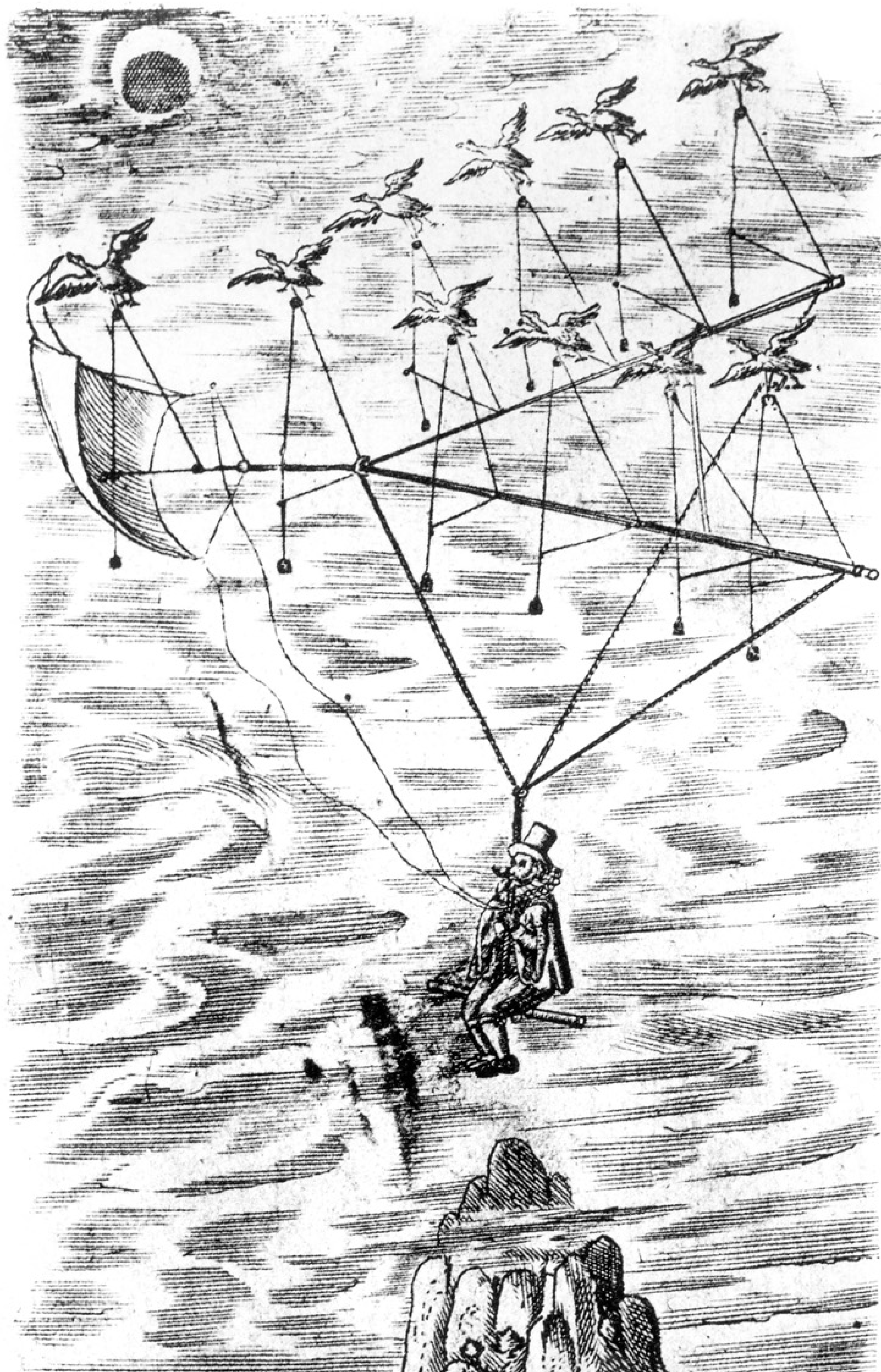
到了1611年，人们开始普遍接受月亮是一个很像地球、有山脉的天体，还普遍接受了金星也是个不透明的天体，就像地球和月亮。接

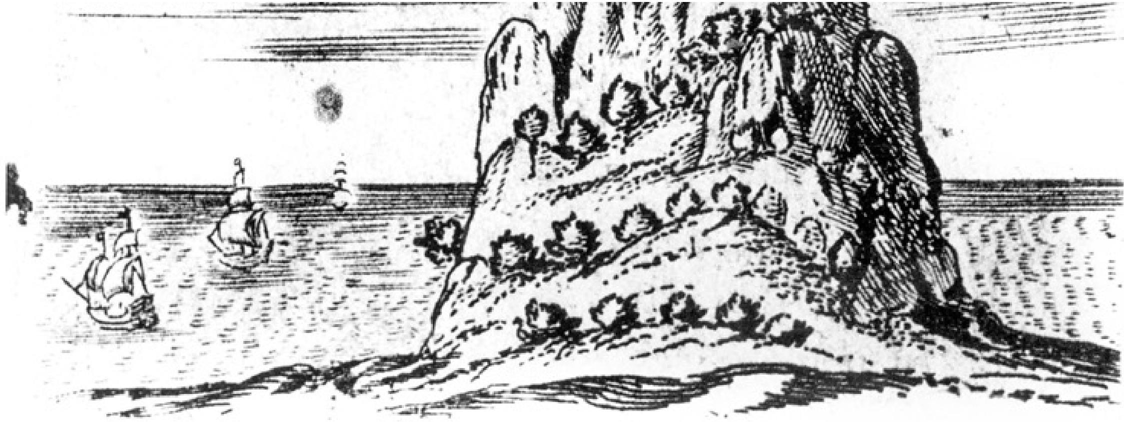
下来，如果地球有人居住，那么其他天体也可能有人居住；如果金星在地球之上的天空闪烁，那么地球也肯定在金星之上的天空闪烁。经院哲学家不乏想象。他们经常想象从远处望着地球，甚至从星星上望着地球。但是，他们没有想象过，地球会像最明亮的星星那样闪耀。

望远镜自身提供了一种空间旅行方式。正如胡克所说的那样，那是一种“进入天空的转世，即使我们仍以肉身的形式留在这里的地上”。每个人此时都开始想象从深层空间看地球。弥尔顿（Milton）会把地球想象成一个“悬空的世界，大小就像一颗行星”。帕斯卡尔将更进一步，想象从最深的空间看地球，直到看不见它，它不过是“自然广阔的胸怀中一个难以察觉的点”。这成了一种新的老生常谈。对洛克来说，地球不是一个点，而是一个斑，“我们的地球小斑”，“宇宙的这个斑”。那种认为地球较之宇宙很小的思想，或人们可能设想从远处遥望它的思想，其实并不新。新的是伴着新天文学而来的范围的扩张。因此，地球被设想成一颗明亮的星星，从别的行星上可以看见它，从深层空间看则看不见它。此外，这种从遥远的距离看见地球的思想在受过教育的人的想象中无所不在。注

伽利略的望远镜使两个以前看似抽象、理论性的思想突然显得似乎真实可信了。也许真的存在其他有人居住的世界，空间也许真的是无限的。整个文学界迅速接受了这些观念。早在1612—1613年，在《马尔菲公爵夫人》（*The Duchess of Malfi*）中，约翰·韦伯斯特（John Webster）就说，伽利略的望远镜使“另外一个广阔的世界，也就是月球”可见了。在英国，弗朗西斯·戈德温（Francis Godwin）的虚构作品《月中人》（*The Man in the Moone*）在其去世后于1638年面世，被翻译成了法语和德语。戈德温可能是在1628年后创作这一作品的。它描述了一次登月之旅，标志着英国科幻作品的开端。戈德温既是主教，也是狂想家，似乎认为自己已经发明了无线电。约翰·威尔金斯也是主教，后来成了皇家学会的奠基人之一，于同年出版了他的非科幻作品《月中世界的发现》（*The Discovery of a World in the Moon*；

他认为人们也许将来能够去月亮上旅行，暗示月球上也许有人居住），于1640年出版了《关于一个新世界和另外一颗行星的布道》（*A Discourse Concerning a New World and Another Planet*。第一部分是《发现》的重印，第二部分记述了我们的世界现在如何由于哥白尼而以一颗行星闻名）。但是，在此类著作中，最重要的著作显然是西拉诺·德·贝热拉克（Cyrano de Bergerac）于死后出版的《月亮上的城邦和帝国》（*The States and Empires of the Moon*，1657）。它记述了一次月亮之旅。此后不久，《太阳上的城邦和帝国》（*The States and Empires of the Sun*）就接踵而至。西拉诺后来被埃德蒙·罗斯唐（Edmond Rostand）变成了一个虚构人物，但真实的西拉诺（除了一个大鼻子）几乎和那个虚构人物没有共同之处。他爱男人，不爱女人，是个无神论者，利用空间旅行装置来批判他所不喜欢的真实世界的一切。为了出版，他的著作不得不加以删改，以显得柔和。直到1921年，他的著作的未删节版才得以面世。即使如此，在那个世纪终结之前，他的月亮之书的法语版也出了至少19版，英语版至少出了两版。





弗朗西斯·戈德温于死后匿名出版的《月中人》（1638）的卷头插图，可能是第一部科幻作品。主人公乘坐一个由天鹅提供动力的车辆飞往月亮。


Saturnus.
Iupiter.
Mars.
Ceres et Proserpina.
Venus
Mercurius
Omnibus Do.
lucem.
calorem.
motum.
Sua fovent
Vniversu ornant
Mutuo se illuminant
Quid si sic ?
Vtinam et alæ.
Hic ejus oculi.
A Discourse concerning A NEW world & Another Planet In 2 Bookes.



约翰·威尔金斯的《关于一个新世界和另外一颗行星的布道》（1640，1684年重印）卷头插图。在画中，哥白尼和伽利略讨论着哥白尼体系，哥白尼体系的图解就在他们后面。就像迪格斯那样，威尔金斯认为星星遍布无限的空间。哥白尼以假说呈现他的思想。伽利略说他已经用他的望远镜证实了它们。开普勒则对他耳语道：“除非飞到那里，否则你就无法证实它！”

虚构给一些危险思想提供了有用的伪装，如西拉诺的无神论和唯物主义。皮埃尔·博雷尔（Pierre Borel）出版了《证明世界多样性的新专著：行星是有人居住的地区，地球是一颗星》［（*A New Treatise Proving a Multiplicity of Worlds:That the Planets are Regions Inhabited and the Earth a Star*），法语版，1657年；英语版，1658年］，是布鲁诺主张行星是有人居住的世界以来的首部著作。博雷尔相信来自外层空间的访问者已经抵达；他们不是小绿人，而是天堂鸟。他声称，还从没有人发现过它们的巢，因为它们显然是从另外一颗行星来拜访我们的。在博雷尔的影响下，未来的首位皇家天文学家约翰·弗拉姆斯蒂德（John Flamsteed）推断，所有的恒星都伴有“行星体系，就像我们的地球那样宜居且充满生物，也许与（我们地球的）居民相比更顺从它们的造物主的法则”。在博雷尔的著作出版后，另外两部科普著作接踵而至。丰特内勒的《关于世界多样性的对话》（*Conversations on the Plurality of Worlds*）寻求传播笛卡儿的宇宙学。在1686年到1757年丰特内勒去世，它至少出版了25版法语版，另出了10版、两种英语译本。注493克里斯蒂安·惠更斯（Christiaan Huygens）的《宇宙理论》（*Kosmotheoros*，1698）随后出版，不过它也是一部死后出版的著作，有拉丁语、法语、英语版本。

到了1700年，每个受过教育的人都认同，宇宙可能是无限的，也许存在其他有人居住的世界。说实在的，这种思想已经变得完全正当了。于是，我们发现，在理查德·本特利（Richard Bentley）所做的反无神论的玻意耳讲座中，它得到了强有力的表达：

> 谁能否认，有大量发光的恒星，甚至就连最好的望远镜也观测不到？谁又能否认，每颗可见的恒星都有绕着它旋转的不透明的行星，而我们无法发现？现在，如果它们不是为了我们而被创造的，那么它们也肯定、显然不是为它们自己而被创造的。由于物质没有生命、知觉，不知道它自己的存在，不能够幸福，不能给予其存在的创造者赞美与崇拜的牺牲。因此，一切天体都仍然是为了智慧的头脑而被创造的。既然地球主要是为了人的存在、贡献和沉思而被设计的，那么所有其他行星为什么就不可能是为了相似的用途而被创造的，且每颗行星都是为了它们自己有生命和理解力的居民而被创造的？如果有人沉溺于这一玄想，那么他就不需要与以这样一种描述为基础的天启宗教争吵了。圣典并不禁止他设想多样的体系以及大量有人居住的星球，他想怎样都行。

结果就产生了一种全新的人类之渺小的感觉。[注]普罗塔哥拉（Protagoras，约前490—前420年）曾经说：“人是万物的尺度。”这一度在字面上是真实的。英尺作为一个计量单位自然是以脚为基础的。1厄尔（意大利语，*braccio*；法语，*aulne*）是前臂的长度。1英里（约1.61千米）是1000罗马步。盖伦就简单地界定病人的冷热，一个发热的病人是一个比医生的手热的病人。在盖伦看来，一个健康人的手被设计成了冷和热、湿和干、软和硬的适当尺度。即使到了1701年，牛顿还想把血液温度当成一个温度计的两个固定点之一（较低的点为冰水）。血液温度也是丹尼尔·加布里埃尔·华伦海特（Daniel Gabriel Fahrenheit）的1720年方案的三个固定点之一，这一方案如今仍然被广泛采用。数年后，约翰·福勒（John Fowler）认为上固定点应该是握住不动的手能够忍受的最热的水。时间按照一天被分为24小时来测量，

但在日常生活中，短暂的时间的测量比较主观，以万福马利亚或主祷文测量，也就是说出万福马利亚所用的时间或念完主祷文的时间。只有在涉及重量时，人才不是尺度。只是在公制单位于1799年在法国被采用后，人才不再是别的一切的尺度。基本的测量单位（体积和重量源于它）成了米，米最初被界定为赤道到北极距离的1000万分之一。公制单位只是完成了伴着望远镜的发明而开始的一种进程，因为望远镜的发明具有决定性地摧毁了那种认为宇宙是按照人的尺度被创造的思想。

5

按照正统的基督教思想（至少到帕斯卡尔为止），宇宙之所以被创造，是为了给人类提供一个家园。太阳在那里是为了在白天提供光和热，月亮和星星是为了在晚上提供光。大宇宙（作为一个整体的宇宙）和小宇宙（人体的小世界）之间存在着完美的对应。它们互为彼此地被创造出来。人的堕落部分瓦解了这一完美的安排，迫使人类为了生存而辛劳。但是，宇宙最初的建筑样式依然清晰可见，任何人都能看到。柏拉图主义主张宇宙是由一位神圣的工匠创造的，他就是巨匠造物主。柏拉图主义可以被用来支持正统基督教思想。实际上，大宇宙和小宇宙的思想就源于新柏拉图主义。但是，就连认为宇宙是永恒的亚里士多德哲学，也认为人类拥有理解宇宙所需要的一切才能。

这是因为，人类中心性并不局限于尺度。古人已经知道了放大镜，眼镜从13世纪起就被使用了。但是，镜片是被用来矫正近视的，不是被用来看见视力好的人也看不见的东西的。于是，上帝再一次被假定赋予了我们眼睛；当我们健康时，我们的视力会好得足以达到我们的目的。注此外，人类是按照上帝的形象被创造的，这一观点几乎无法与他们的感官存在缺陷的观念并存。

在1610—1665年约半个世纪的时间里，这一作为人类家园、扩大的伊甸园的宇宙形象遭到了致命打击，附带受到打击的是人类乃万物之适当尺度的观念。这一变化具有三种不同却又互相联系的成分。首先，人类被逐出了宇宙的中心，暗示智慧生命可能到处都有；其次，大宇宙和小宇宙之间的对应被粉碎了，因此宇宙再也不是为了围绕我们而被创造的；其三，规模变成了相对的，尺度变成了任意的，星星成了雪花，雪花成了星星。这一大变化没有引起适当的关注，因为它没有标志。它之所以没有标志，主要是因为它是由三种变化合成的一种变化。

实际上，所有这三种变化都只有一个原因，也就是望远镜。对任何透过它观看的人来说，它带来的冲击都是一样的。举个例子，在英国内战期间的一本宗教小册子中，“telescope”（望远镜）一词在英语中被应用了。这是它的最早应用中的一次：

这张严肃、诚实的《信使》（*Mercury*，即新闻传单）来到了我手里。我认为，如果我给它的待遇就像我有时候甚至给《弗朗蒂克疯人院小册子》（*Phrantick Bedlam Pamphlets*）的待遇，应该没什么大问题。我必须承认，它对我来说就像一种眼药，因为我以前看着透视镜［即望远镜］错误的一端。不仅如此，我们威尔士巡游者以圣徒之名为掩盖的僭越看上去不过是阳光普照之下的微粒。这本书是一架新“telescop”，它发现了我们以前无法看到的东西；这一属灵月亮中的斑点是山脉。

望远镜和显微镜发挥的作用是一样的。它们把微粒变成山脉，但如果你透过另一端看，它们又把山脉变成了微粒。这是尺度革命，就像我们或许会这样称呼它那样。通过它，就像威廉·布莱克（William Blake）在“天真的预言”（“Auguries of Innocence”）中所说的那样，你能够“在一粒沙里看见一个世界”，或者变一下，把一个世界看成一粒沙。伏尔泰的小说《微型巨人》（*Micromégas*，1752；这部小说的名

称把表达“小”和“大”的意思的希腊语单词结合在了一起）是对这场革命的经典反映，描述了一个20000英尺（约609.6米）高的巨人对地球的拜访。这个巨人来自天狼星的一颗行星，与他结伴而来的土星居民的身材仅相当于他的1/3。对他们来说，用肉眼几乎看不见人类。

尺度革命并非全无先例。在卢克莱修的原子论呈现的宇宙图景中，宇宙经常被熔化掉并重新创造，自然过程是我们看不见的原子之间的相互作用，嗅觉和味觉等感觉被认为是原子的形状和运动引发的主观解释而遭到摒弃。培根熟悉原子论，所以才能把人的感觉视为天生有缺陷并经常具有误导性的东西而加以摒弃。培根的观点虽然例外，但具有先见之明。可是，如果原子论暗示了一个看不见的微观结构世界的存在，那么它并没有暗示一个看不见的微生物世界的存在。1676年，微生物世界被荷兰人安东尼·范·列文虎克（Antonie van Leeuwenhoek）发现了。他是第一个看见肉眼不可见的活的生物的人。范·列文虎克最初遭到了怀疑。在英国，胡克用他自己的显微镜看不到任何类似的东西。但是，他当时用的是复式显微镜，而非那种小玻璃珠（一种简单的显微镜）。列文虎克用后者达到了令人吃惊的放大程度。列文虎克的发现得到证实花了4年时间。伽利略对木星的卫星的发现得到证实仅花了几个月时间。

首批显微镜学家认为他们有可能看见的东西是无限的。亨利·鲍尔认为，显微镜最终有可能揭示“磁石的磁素、太阳的光原子（或著名的笛卡儿的球形乙醚）、空气的弹性粒子……”他的著作出版时间稍早于胡克的著作，但几乎没有产生影响，因为它只有三幅质量很差的插图。胡克也许实际上原本希望看到记忆的物质基础，“在大脑的储藏室里汇聚的持续不断的思想链条”。然而，胡克只能看到列文虎克的单细胞生物（1676）。胡克已经显示，虱子的复杂程度堪比蜥蜴那样的生物。列文虎克解剖了它们，考察了它们的生殖器，发现了它们的精液。这样的经验使人们认为，最小的生物和最大的生物一样复杂，并

且拥有同类器官。列文虎克远没有意识到原生物在特征上与较大的生物不同，他的研究好像暗示它们都一样。大小显得无关紧要。

当人们试图理解繁殖时，这种认识极为重要。普遍的观点是，一切生物都来自卵（或至少肉眼可见的一切生物是这样，微生物被认为是自发繁殖的）。当然，没有人真的看见过哺乳动物的卵。与列文虎克同时代的简·施旺麦丹（Jan Swammerdam）证明，蝴蝶已经呈现在毛虫里了，它们的器官可以通过解剖得到确定。蝴蝶曾经被认为是产自蛹的新生物。马尔切洛·马尔比基（Marcello Malpighi）证明，完全长大的树的各部分已经呈现在了种子里。这导致了预成论，即成年生物完全成型地存在于卵中。从逻辑上推演下去，卵已经包含了下一代的卵，预先形成暗示了前存在，夏娃实际上把直到时间尽头的一切未来人类都包含在了她的体内，每个人都完全成型于一个卵之中的一个卵之中的一个卵之中……于是，帕斯卡尔的世界之中的世界就成了一种严肃的理论，每个人都已经呈现在夏娃的卵巢中（也许有人还想把那些从未有机会出生的人加上，例如修女如果结婚可能会有的孩子）。

在我们看来，所谓的卵源论是最为离谱的学说。它存在明显缺陷，例如它无法解释从父亲那里遗传下来的特征。1752年，莫佩尔蒂（Maupertuis）证明，多指畸形既可以通过父系遗传，也可以通过母系遗传。预成论假定新生命从来未被创造，然而在1741年，亚伯拉罕·特朗布雷（Abraham Trembley）证明，你可以把一只珊瑚虫切成12片，它会变成12只珊瑚虫。最主要的是，在我们看来，卵源论绝对不可能。每个曾经存在或最终将存在的人怎样才能完全成型地被包含在夏娃的卵巢中呢？然而，这根本没有被视为一个严肃的问题。那种认为可能存在世界中的世界的思想已经变得完全值得尊重了。只是到了19世纪30年代，细胞理论得到确立，预成论才被抛弃了。只有在这时候，尺度革命的局限才变得清晰了；世界中的世界是空想的，并不真实。

乔纳森·斯威夫特完全了解列文虎克的发现。1733年，他写道：

于是，博物学家说，一只跳蚤的

猎物上有更小的跳蚤，

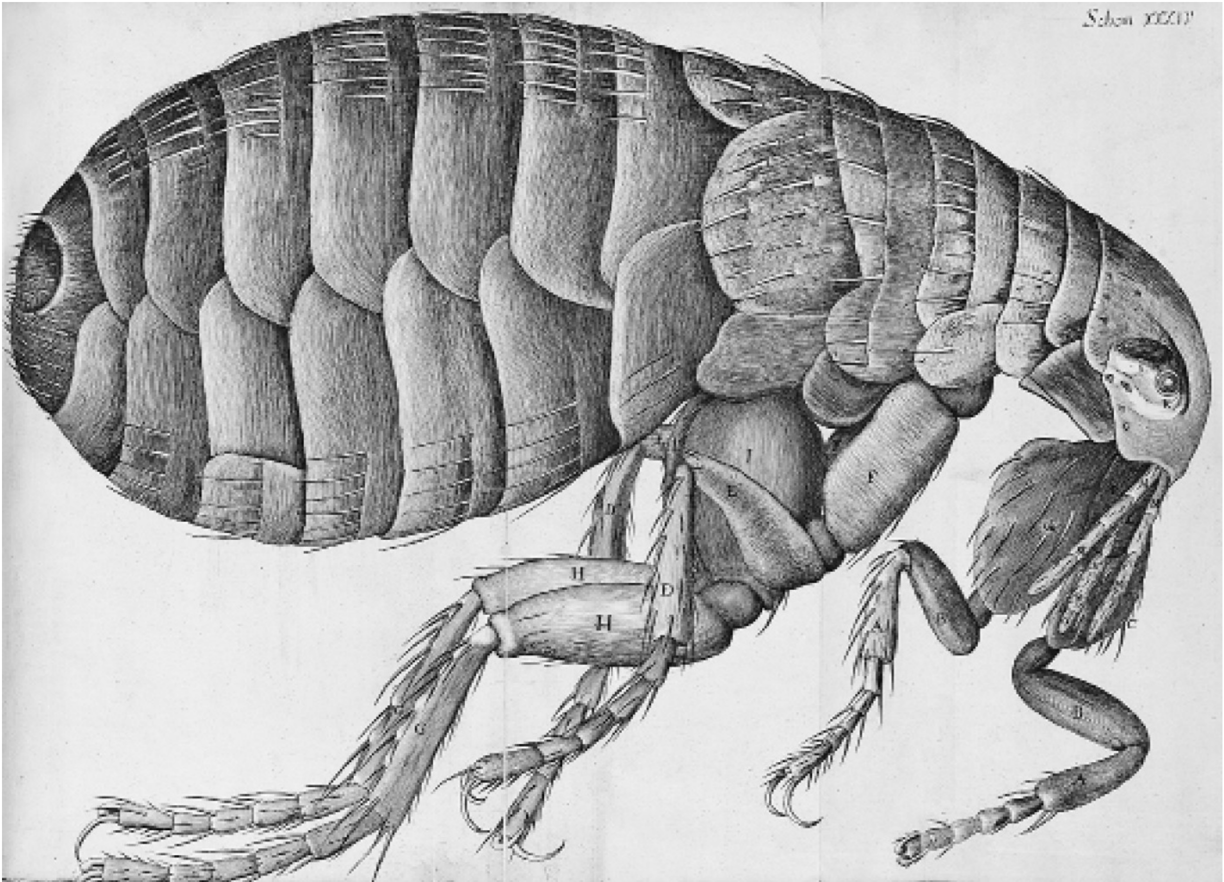
这些跳蚤有更小的跳蚤来咬它们，

如此至于无穷。注

然而，早在列文虎克之前，这样的生物就已经存在于那些理解了尺度革命全部内涵的人的想象中了。西拉诺写到了它们。就我们所知，帕斯卡尔（卒于1662年）从没透过显微镜观看，也肯定没有看到过胡克那幅著名的跳蚤图像（出版于1665年）。但是，他却想象有人检查了疥螨：

让人给他一只螨虫。这只螨虫身体微小，身体各部分微小无比，肢体连着关节，血管在肢体里，血液在血管里，体液在血液里，液滴在体液里，汽在液滴里。把这些终极之物再次分开，让他穷尽构想力，让他能够抵达的最后目标现在成为我们谈话的目标。也许他会认为，这里是自然中最小的点。我会让他在那一点上看到一个新的深渊。我不仅将为他画出可见的宇宙，还将为他画出他能想象到的这个被削减的原子的子宫中广阔的自然的一切。让他在那个点上看到宇宙的无限，每个宇宙都有其苍穹、行星、地，与可见世界的比例一样；在每个地上的动物里，在终极螨虫里，他将再次发现最初的螨虫拥有的一切，并且仍能在别的东西里发现同样的东西，无穷无尽。

博尔赫斯这样概括帕斯卡尔的话："空间里的每个原子都包含着多个宇宙，每个宇宙也都是一个原子。从逻辑上讲，可以认为（当然他并没有说），他看到自己在它们之中无穷无尽地增加。"



胡克对一只跳蚤的描画，来自其《显微图》（1665），第一部显微镜学主要著作。

但是，在这些无穷无尽、层层相套的宇宙中，哪个才是真正的帕斯卡尔呢？答案是，我们不可能分辨出来。这与拉伯雷（Rabelais）的世界迥然不同。庞大固埃（Pantagruel，1532年）和高康大（Gargantua，1534年）玩弄了大小转化，例如整整一支军队生活在一个巨人的嘴里。但是，这些是前望远镜文本，总是存在关于谁身材正常、谁被迷你化、谁被巨大化的线索。巨人在大小正常的词语背景中吃、喝、拉。另一方面，在《格列佛游记》中，斯威夫特创造了一个（比较适度的）帕斯卡尔的世界。当格列佛发现自己处在大人国国民中时，黄蜂大如鹧鸪，虱子大小完全和胡克的插图中的虱子一致：

我用肉眼就能清晰地看见这些寄生虫的肢体，比通过显微镜看到的欧洲虱子的肢体清晰多了。我还能清晰地看见它们像猪一样凸起的

鼻子。它们都是我此前从未看见过的。我原本应该怀着足够的好奇心解剖其中一个，假如我有适当的工具的话。不幸的是，我把那些仪器落在了船上。当然，说实话，那种景象太令人恶心了，我的胃被彻底翻了个个儿。

是格列佛的大小不对，还是大人国的国民大小不对？我们会说是大人国的国民，但这只是因为我们知道格列佛的大小和我们一样。斯威夫特读过西拉诺的作品，格列佛显然是到那时为止的科幻小说传统主题的一种巧妙的变体。

读者肯定会从这样的文本中获取一种核心信息，即人类误解了他们自己的重要性。西拉诺完全直言不讳，诘责道：

人类没有根据的骄傲。他们使自己相信，自然仅是为了他们而被创造的。太阳是个巨大的天体，比地球大434倍，却也仿佛有可能只是为了催熟他们的欧楂果、让他们的卷心菜变大变沉而被点燃的。就我而言，我完全不能顺从他们的傲慢，相信行星是围绕太阳的世界，固定的恒星也是太阳。也有行星围绕那些恒星。就是说，也有一些世界围绕它们。由于这些行星不大，它们借来的光无法照到我们身上，这个世界的人看不清它们。说实在的，我们怎么能设想这些广大的球体只是无垠的沙漠呢？我们又怎么能设想，由于我们居住在其中，我们自己的球体就是为了让12个骄傲的侏儒有地方住而被创造的呢？由于太阳衡量我们的日和年，它就必然是为了不断让我们的头撞墙而被创造的吗？不，不，即使那可见的神照耀着人，也是偶然，就像国王的报警火焰偶然照亮了一个沿街行走的搬运工……

因此，即使在显微镜被用于严肃目的之前，望远镜就制造了一种对宇宙之无限广大的眩晕感，制造了一种对人类之无足轻重的眩晕感。如果借助心灵之眼，从外层空间看，人类就是那样。在卢克莱修的宇宙中，诸神对人类漠不关心，人类只是原子随意冲撞到一起偶然产生的一种结果。尺度革命产生了一种效果，就连那些继续相信神圣

工匠的人也被迫承认这种观点的连贯性。虽然开普勒和帕斯卡尔认为他们自己居住在上帝为了人类的救赎而创造的一个宇宙中，但就连他们也发现他们别无选择，只能承认宇宙如此广大，它里面最小的生物也纤毫毕现，宇宙要么是无限的，要么可能是无限的。“这些无限的空间的永恒沉默让我心惊肉跳。”帕斯卡尔写道。布鲁诺描述了一个无限的宇宙，一些人坚持认为他是错的。但是，无论喜欢与否，就连这些人也被迫想象，如果他是对的，宇宙会是什么样子。

此外，通过扩大我们的视野，望远镜和显微镜让人们更容易承认，如果被剥夺了人工协助，我们的感官存在局限。帕斯卡尔的朋友罗伯维尔暗示，人类感觉到了光，但他们完全缺乏发现光为何物所需的感官。在去月亮上时，西拉诺被告知：

宇宙中也许有100万种东西。你要想理解它们，可能需要有100万种不同的器官。举个例子，我通过我的感官知道海洋涨落潮共振的原因，它介于磁石和磁极之间。我还知道什么成了死亡之后的动物。你仅靠信仰达不到这些高妙的观念，因为它们是高于你的才智的秘密。你最多不过是个能够辨识一片陆地景色、一幅画的色彩、一道彩虹的斑纹之美的盲人……

洛克也认为，其他行星上的其他生物可能拥有我们缺乏的感官，但我们甚至根本想象不出它们是什么：

他将不会将自己骄傲地置于万物之上，而是会思考这一构造之广大，以及将在它的这一微不足道的部分被发现的巨大多样性。他必须和这一部分共处。他也许会倾向于认为，在它的其他大厦里，可能存在别的、不同的智慧生命。他对它们的能力所知甚少，就像被关在柜子抽屉里的一只虫子所拥有的感官或对人的了解。

那只被关在抽屉的虫子是什么？它大概是一只蛀木虫，不是一只蚯蚓，并且洛克的家具在和它一起蠕动。(注)

6

也许有人认为，哥白尼要为小宇宙和大宇宙之对应的毁灭负责。但是，这是错误的。哥白尼的宇宙中仅存在一项大规模变化，即恒星需要距离太阳系很远。这是因为地球一年绕太阳旋转一周，恒星之间的相对关系在此期间没有发生可测量的变化。于是，作为一种结果，假如它们是可见的，那么它们就必然很大。但是，太阳和行星大小仍旧一样。哥白尼仍（似乎）继续认为，宇宙由层层相套的球体构成。哥白尼的宇宙再也不以地球为中心了，但它对地球依然是友善的，并且没有理由认为它不是善意的设计的产物。他的观点根本没有暗示地球不过是另外一颗行星，或宇宙不是为了人类的利益而被创造的。宇宙依然有中心，太阳和地球依然是独一无二的物体。

1608年，伴着望远镜和显微镜的发明，关键的变化发生了。仪器是推动思考的假肢，发挥了变化媒介的作用。在1608年之前，标准的科学仪器都是为了用肉眼测量圆周的度数而设计的，如直角仪、星盘等等。就连第谷·布拉赫建造的巨大的六分仪和四分仪，也只是放大了的观测装置。这些仪器在原则上与托勒密使用的仪器并无不同。当然，通过进行彗星和新星视差观测，它们削弱了支持行星是透明球体的那种信仰（就像仍然被哥白尼所接受的那样），强化了一种假设。这一假设是，人类是宇宙的完美观察者，宇宙自身是为了支撑人的生命而被设计的。注

这些不仅仅是专家用的仪器。炼金术士有蒸馏室、坩埚、蒸馏瓶等专门设备，但这些只不过是各种容器，是为了使用热量（炼金术经常被界定为燃烧试验）。关于人类在宇宙中的位置，它们没有提供新的信息。印刷机不仅改变了知识的传播，也通过制作能够普及的、精确的视觉信息，带来了对传统的知识概念的修正。

在1608年后，一系列新仪器使不可见成为可见。温度计（约1611）和气压计（1643）使看见温度和大气压力成为可能。温度以前

只是一种主观感觉，大气压力在正常条件下则是人类完全察觉不到的东西。气压计和玻意耳的气泵（1660）让人们能够看到活的生物或火焰遭遇真空时所发生的情况。我们也许可以再添上牛顿的棱镜。它第一次从视觉上证明，白光是由不同色彩的光构成的（1672）。于是，到了那一世纪末，新仪器可谓鳞次栉比。但是，在影响上，它们中没有一样能与望远镜比肩。它最初只不过是为了在战争和航海中充当一种简单工具，但它不仅改变了天文学，也改变了人类想象其自身意义的方式。

7

在上两章里，我们一直在审视知识变革产生连锁结果的方式。美洲的发现毁灭了两球体的地球理论。哥白尼学说导致那种认为行星靠反射光闪耀的思想的产生。这一思想被金星的相的发现证实，并且毁灭了托勒密体系。这些变化根本不是任意、偶然的。它们是不可避免的，就像哥伦布一旦扬帆起航，美洲就会被发现那样。这些是有着根本意义的知识变革，然而历史学家却很少探讨它们。它们自身已经变成暗星，基本上不可见了。

为什么？由于库恩的《结构》中所描述的科学史专注于科学家之间的争议，于是人们假定每一种重大的新理论都是容易引发争议的，一种理论挤掉另一种理论的过程并非完全不可避免的。这一方法曾经极具启发性。但是，在凸显争议的过程中，那些几乎无声地发生且不可避免的（在当时的确可以被看作不可避免的）变化被忽视了。在1511年后，没有人（或者倒不如说，只有几个糊涂的、孤陋寡闻的人）起来捍卫两球体体系。在1611年后，没有人捍卫托勒密对金星的描述。到了1624年，在伽利略公布金星有一整套相的发现11年后，伽利略可以理所当然地认为，任何够格的天文学家都不会捍卫托勒密体系。(注)就望远镜毁灭了托勒密体系这一主张而言，要找到证据来支撑它并不难。当然，托马斯·库恩则认为，哥白尼早在1610年以前就占据

了上风，望远镜几乎没起作用。注正如我们已经看到的那样，萨克洛波斯克的《球体》各版本、托勒密体系基础教科书、波伊尔巴赫的《新行星理论》教科书、高级教科书的数量在1610年后急剧下滑。证据表明，托勒密天文学没有受到哥白尼的影响，它伴着1572年的新星步入危机；但是，到了16世纪末，它开始全面恢复。另一方面，望远镜造成了其立即、不可逆转的崩溃。

有时候，科学中存在真正的、活生生的、持久的争议。在17世纪，在相信真空的可能性的人和不相信的人之间，在相信移动的地球的可能性和不相信的人（在1613年后，则是布拉赫的支持者，而非托勒密的支持者）之间，就发生了这样的冲突。有时候，结果的确悬而未决。但是，在另外一些时候，仅仅是一阵低语，就能够把庞大的、结构良好的、表面坚固的知识大厦一扫而光。套用瓦迪亚努斯的话来说，这是因为经验的确能够令人信服。如果你专注于争议，那么科学中的进步就开始显得是任意的、不可预言的。如果你认为一切主要变化都存在争议，那么你的核心假设就永远得不到检验。相对主义命题看似得到了证明，因为可以挑战它的证据甚至从来没有被考虑过。如果你以更宽泛的视角审视知识变革，那么场景将急剧变化。接下来，作为在完全没有争议的情况下发生的知识变革的醒目例子，两球体理论和暗星理论瓦解了。然而，这两种理论并非不重要的理论，一种被中世纪晚期最优秀的哲学家坚持，另一种被16世纪末最聪明的哥白尼派坚持。用其引发的争议的数量来衡量一种知识变革的重要性，未免失之简单。

---

1. 在17世纪，消息从意大利北部传到布拉格，大概需要三个星期。因此，瓦克尔的消息肯定来自某个人。在那部书还在印刷期间，那个人就了解了书的内容。当然，伽利略肯定试图把他的发现隐藏得越久越好。瓦克尔的消息源可能在佛罗伦萨。在那里，当伽利略请求获准把他的书献给卡西莫·德·美第奇并以卡西莫的名字命名那些新的星星时，关于伽利略的发现的报告就开始流传了。

2. 1622—1635年，在荷兰，艾萨克·贝克曼付出种种努力，想制造一架在质量上堪与伽利略在1610年拥有的望远镜相媲美的望远镜。他好像失败了。Berkel， Isaac

Beeckman（2013），68—69。

3. 此处内容可见第四章。

4. 举个例子，水星凌日（大约每七年发生一次）和金星凌日（它成双发生，但相隔超过一个世纪）只能用一架（低倍）望远镜才能被看到。开普勒曾认为，他借助一个暗室，看到了一次水星凌日。但是，他错了（Van Helden，Measuring the Universe，1985，96—99）。人类第一次看到水星凌日是在1631年，是伽桑狄看到的；第一次看到金星凌日是在1639年，是霍罗克斯（Horrocks）看到的。霍罗克斯的工作导致了一场激烈的、对太阳系的大小的重新评估：Van Helden，Measuring the Universe，1985，95—117；Horrocks，Venus Seen on the Sun，2012。对新星和彗星进行适当的肉眼观测可以产生与天球天文学矛盾的结果，但这些结果与行星的预测无关。

5. 有一篇文章展现了它们的等同，Swerdlow，“An Essay on Thomas Kuhn’s First Scientific Revolution”（2004），106—111。

6. 正如哥白尼在《天体运行论》中致教皇保罗三世（Paul III）的前言信所说：“那些相信同心说的人无法确定任何与现象符合的东西。”（译自Barker，“Copernicus and the Critics of Ptolemy”，1999，345）

7. 伽利略说他希望到罗马庆祝复活节，但他承认他去罗马的主要原因是“一劳永逸地让诋毁我的人闭嘴”。他的紧迫感源自金星的现身，而非教会日历。（Galilei，Le Opere，1890，Vol. 11，67，71）

8. 在《1610年之前的金星的相》（The Phases of Venus before 1610，1987）中，埃雷乌（Ariew）辩称，托勒密天文学原本可以通过让太阳成为金星的本轮的中心得到改造，从而允许金星有相，因为这实际上使金星（并通过推论使水星）成为太阳的卫星。这当然会给天球理论带来困难，被同时代的人认为更接近于第谷体系，而非托勒密体系。他还辩称（Ariew，“The Initial Response to Galileo’s Lunar Observations”，2001），经院哲学对月亮表面的描述可以挺过伽利略的发现而存活下来。但是，在这里，它没有适当区别月亮表面上的斑点和明暗模式的变化（伽利略将其解释成阴影和加亮区）。在3月里，尽管克劳维斯没有偷懒，但他没能就伽利略的新发现呈现的问题给出解答（见Clavius，Opera mathematica，1611，Vol. 3，75；翻译自Lattis，Between Copernicus and Galileo，1994，198页）。这也许是约翰·威尔金斯的一种陈述的来源。他说：“有报告称，克劳维斯躺在他的临终床上，听说了关于伽利略用他的望远镜做出的那些发现的首批消息。他突然说出了这些话，“Videre Astronomos, quo pacto constituendi sunt orbes Coelestes, ut haec Phaenomena salvari possint”。就是说，那的确会让天文学家在托勒密的假说之外，考虑另外一种假说。不过，凭借托勒密的假说，他们或许能解决所有这些新表象。” Wilkins，A Discourse，1640，II：21。但是，有必要记住，对托勒密天文学来说，真正的危机不是来自3月份，而是来自5月份。于是，到了其生命终结（他于1612年2月去世）时，克劳维斯也许的确曾愿意承认托勒密体系站不住脚。玛格丽塔·萨罗基至少在8月份就已经这样认为了。

9. 普林尼已经声称，相比宇宙，地只是一个点，见其《自然史》第二卷第68页。这成了一个标准的讨论课题。詹巴蒂斯塔·卡普阿诺·达·曼弗雷多尼亚在15世纪详细探讨了它（Gaurico，Prosdocimus & others，Spherae tractatus，1531，78rv）。1505年，亚历山德罗·阿基利尼已经询问，如果从空间来看，地是否像个小点（punctum）。答案是它将肯定不可见，消失在天空的黑暗之中：Achillini，De elementis （1505），85r；也可见，Barozzi，Cosmographia（1585），32。皮科洛米尼主张，如果从星星上看，地将几乎不可见（Piccolomini，De la sfera del mondo，1540，10v—11r）。（对阿基利尼来说，地是地元素的球体。由于透明，水球体不可见。否则的话，水球体将会在发生月食期间可见。）哥白尼意识到他的宇宙需要比托勒密的宇宙大得多，坚持地球与宇宙相比只是个小点。但是，他的点是一个数学点，按照定义是无限小的：Copernicus，On the Revolutions （1978），13。也可见Benedetti，Consideratione（1579），29。在这里，贝内代蒂是作为一个托勒密派天文学家写作的。当然，他的思索也许受到了他对哥白尼学说的信奉的影响。博丹受到迷惑，认为哥白尼把地球从仅仅是一个点的状态下拯救了出来：Bodin，Universæ naturæ theatrum （1596），581 = Bodin，Le Théâtre de la nature universelle（1597），838。

10. 丰特内勒以一种思想自娱自乐。这种思想是，在银河系里，行星过于拥挤，鸟儿们能够从一颗行星飞到另一颗行星。在一个比较严肃的时刻，他主张一个来自月球的生物会在我们的大气中溺毙，使行星际旅行只能在有相似大气的行星之间进行（Rawson，“Discovering the Final Frontier”，2015；Fontenelle，Entretiens sur la pluralité des mondes，1955，98—99，134）。

11. 在这方面，卡文迪什的《对一个新世界的描述》（The Description of a New World，1666）是个例外。她设法在没有描述空间旅行的情况下描写了地外生命，并且没有激发对宇宙之辽阔的困惑感。

12. 最迟到1689年，哲学家、医生约翰·洛克（总的来说，他对新思想还是完全开放的）否认显微镜是一种可以被用于医学的仪器。他的理由是，这一应用暗示上帝没有充分地装配我们，以照顾我们自己的健康，这样的观点和对神的适当尊敬是矛盾的。Locke，An Essay （1690），140—141。

13. Swift，On Poetry （1733），20。那种幻象可以追溯至鲍尔的《实验哲学》（1664，20）：“跳蚤和虱子也许有其他虱子靠它们喂养，就像它们在我们身上做的那样。”

14. 迈克尔·亨特（个人通信）暗示，那只虫子是一个好奇柜子中的一个标本。但是，在我看来，它或许应该是一个活物，而非标本，因为只有活物能够拥有知识和理解力。

15. 直到1687年去世，波兰伟大的天文学家约翰内斯·赫维留斯仍坚持借用肉眼仪器来测量恒星和星星。其他人声称望远瞄准镜、目镜测微计的发明能够使精确性大大提高，但赫维留斯没有被说服（没错，事实证明，因为他的仪器被设计得能够让人眼以最大的分辨力发挥功能，所以他能够分辨到5秒的弧度。相比之下，作为望远瞄准镜的一大提倡者，胡克声称已经用实验证明人眼不能分辨低于30秒的弧度）。然而，赫维留斯乐于

把望远镜用于其他目的，例如绘制月球图，并最终建造了一个巨大的、长150英尺（约45.7米）的望远镜。Buchwald & Feingold，Newton and the Origin of Civilization（2013），44—52。

16. 库恩对金星的相的探讨（Kuhn，The Copernican Revolution，1957，222—224）非常让人不满。他想当然地认为只有相的发现才能解决一个核心问题，即行星只是通过反射光闪亮。在他看来，相为"金星在一个以太阳为中心的轨道上移动"提供了"强有力的证据"。不过，有人或许更愿意说，它们提供了具有决定性的证据。不仅如此，他还断定，"在上面探讨的争议中，也许除了最后一个（即金星的相），没有一个为哥白尼理论的主要原则提供了直接证据"。这是一个相当重要的例外，可以动摇其核心主张，即：证据在解决科学争议中从来不具有决定性。（Wootton，Galileo，2010，178—179）在《结构》中，依靠其错误观点，即哥白尼学说在望远镜被发明之前就取胜了（作为回应，有必要指出，在1632年，沙伊纳还声称，混合的托勒密/第谷模式现在被普遍接受），库恩认为金星的相产生了影响，但"尤其在非天文学家中"产生了影响。（Kuhn，Structure，1970，155）

17. 库恩说："在它发生时到来，伽利略的工作主要对一种扫荡行动做出了贡献，是在胜利显然在望之后做的。"（Kuhn，The Copernican Revolution，1957，220）

第3部　制作知识

没有哪种知识理论应该尝试解释我们为什么会在尝试解释事物上取得成功……存在很多世界，可能的世界和实有的世界。在这些世界中，对知识和规律性的探索会遭遇失败。

——卡尔·波普尔（Karl Popper），《客观知识》

（*Objective Knowledge*，1972）

第三部分包括本书的一些核心章节。它们都和思考、谈论、撰写科学的一种新语言的发展有关。在每一章里，语言问题一方面和对自然的直接干预交织在一起，另一方面与广泛的概念、哲学问题交织在一起。我的观点很简单，即我们思考科学问题时所使用的语言几乎完全是17世纪的一种建构。这一语言反映了科学当时正在经历的革命，但它也使那场革命成为可能。

第七章　事实

生活中唯独缺乏事实。

——托马斯·葛莱恩（Thomas Gradgrind），出自狄更斯的

《艰难时世》（*Hard Times*，1854）

事实只能是一种语言存在，作为话语中的一个词存在。然而，这一存在恰恰好像只是另一种存在的纯粹、简单的“副本”。后一种存在出于“真实”附加结构的领域之内。

——罗兰·巴特（Roland Barthes），“历史话语”

（“The Discourse of History”，1967）

……事实证明，所谓的事实从来都不仅仅是事实，从来都不独立于信仰和理论。

——托马斯·库恩，《科学历史哲学的麻烦》

（*The Trouble with the Historical Philosophy of Science*，1992）

1

我们已经看到，文艺复兴科学超越了希腊科学。阿基米德大叫“我找到了”，但文艺复兴发明了发现、领先争议和以人名命名法。维特鲁维斯描述了某种透视绘画之类的东西，但文艺复兴发明了主观性和客观性、就位的观看者和灭点之间的一种新结合。西塞罗认为制图学是几何学的一个分支，但文艺复兴发展了一整套新数学学科，展示了它

们理解世界的力量。最重要的是，文艺复兴承认了毁灭性事实的存在。所谓毁灭性事实，指的是抛弃已被接受的理论所需的事实。很显然，在1608年以前，发生了一些根本性变化。但是，在很多方面，文艺复兴科学基本上是古典科学的延伸。雷吉奥蒙塔努斯和伽利略自认为是阿基米德的弟子。如果有人声称他们拥有他不拥有的某种东西，他们肯定会感到困惑（当然，就伽利略而言，这种说法完全正确；对雷吉奥蒙塔努斯而言，也可能如此）。1621年，开普勒出版了《哥白尼天文学概要》第二部分。他将其描绘为"对亚里士多德的《天论》（*On the Heavens*）的一种补充"，因为他认为它将是一种仍旧以亚里士多德为基础的教育项目的一部分。到1700年，这一连续感已经被摧毁了，现代人知道他们不同于古人。如果有哪种东西标出了那种不同，那么它就是"事实"。

我们太以为事实理所当然，结果撰写它们的历史的尝试并不多，且没有一个令人满意。然而，我们的文化依赖事实犹如依赖汽油。我们几乎不可能想象在没有事实的情况下做事，然而事实曾一度不存在。在事实被发明之前，知识的地图会是什么样子呢？其一，有真理，以他人的看法为基础；其二，有知识，以他人的经验为基础；其三，有证据，以他人的说服力为基础。看法、经验和说服力肯定是不可靠、不令人满意的，知识必须建立在较为牢固的基础上。在事实的故事中，最低级、最不可靠的知识形式被不可思议地转化成了最高、最可靠的知识形式。

我们在这一章要关注的是被《牛津英语词典》列为"事实含义8a"的东西，即"一种的确已经发生或确实如此的东西"。当然，词典并没有足够明确地区分行为的事实概念（某件事发生了，因为有人已经做了它）和非个人的事实概念（某件事已经在自然过程中发生了）。在事实未被发明之前，你怎么把某种东西称作事实呢？希腊语中有现象，但现象是易变的，可以被"保留"或"消除"，事实则是牢固的。拉丁语中有事情，即"*res*"。古罗马人说，"*resipsa loquitur*"（事情不言自

明）；我们说，“事实足以说明一切”。维特根斯坦在《逻辑哲学论》（*Tractatus*）中写道：“世界是事实的总和，而非事情的总和。”在古典拉丁语或伊丽莎白时代的英语中，这句话没办法翻译。[注]在英语中，在一般事实之前，还有殊相。[注]现象太主观，是表象，而非现实；真实的世界里充满各色事物和殊相。它们中没有一样能够对应现实和思想那种特殊的混合，也就是事实。当巴特把事实描述为语言的并声称它是事物本质的副本，他指的就是那一殊相的混合。

什么是事实？哲学家们对此自然意见不一。我要探讨的主题是，哲学家们把休谟的事实称作什么。按照休谟的看法：“人的理性或探究的所有对象可以自然地被分成两类，即思维关系和事实事件。第一类包括几何、代数、算数等学科，（它们）可以通过纯粹的思考活动而被发现……事实事件是人的理性的第二类对象，不能以同样的方式被发现；我们关于它们的真相的证据无论多么了不起，也不具有与前述的东西相同的性质。”思想关系应对的事件肯定或必然是真实的，例如2+2=4，或所有的光棍都没结婚。事实事件应对的事件的真实性是偶然的，就是说要视情况而定（例如地球只拥有一颗卫星，或我出生在1月份）。思想关系纯粹是逻辑的。我们的偶然事件、事实事件的知识取决于证据，其中包括证言、经验、文件。

在普通的语言中，在我们的文化里，我们经常忽视思想关系和事实事件之间的区别。因此，我可以说，斜边的平方等于另两边的平方之和。实际上，由于所有事实按照定义都是真实的，我们倾向于认为所有的真理都是事实。但是，对休谟来说，对任何在17世纪就事实进行撰述的人来说，那种关系不是相互的。毕达哥拉斯定理不是一个事实，而是一个推论（除非我已经测量了每个特殊的三角形的平方）。应该立即显而易见的是，在经验正在呈现一种新意义的一个文化里，“事实”这个词重要无比，因为它证明了那种以经验为基础的知识。同样应该显而易见的是，在一个有两种彼此冲突的获取知识的途径的世界里，两种知识之间的区别有着截然不同的意义。亚里士多德

哲学是上述两种途径之一，主要依靠思想关系；另一种是实验科学，主要依靠事实事件，知识分子被迫在它们之间做出选择。在区分思想关系和事实事件的过程中，休谟概括了导致科学革命兴起的那种基本的知识冲突。

什么是事实？它是智力游戏中的王牌。如果你在玩剪刀石头布，那么你永远无法确定谁赢。精神生活有点儿像事实被发明出来时的情形，有些人认为推理应该赢，有些人认为权威应该赢（尤其是在涉及信仰问题时），还有一些人想依靠经验或实验。但是，当事实进入了游戏，一切都变了，因为事实胜于雄辩，它们永远会赢。事实是一种语言装置，确保经验永远战胜权威和推理。正如休谟所承认的那样，“不存在……违背事实的推理”。《牛津英语词典》为解释那个词的含义而选择的引文讲述了它们自己的故事，“事实是牢固的东西”（1749），“事实胜于雄辩”（1782），“一个事实就足以毁灭这一假想”（1836）。

我们可以通过阅读一本书，来深入了解事实之前的世界。这本书是托马斯·布朗于1646年出版的《粗俗的错误》（*Pseudodoxia epidemica*，或*Vulgar Errors*），试图在那个词还不存在或实际上没有那个概念的情况下谈论事实。布朗想让世界摆脱错误的信条（如大象没有膝盖的观念，或水獭在逃脱追猎时会咬掉它们自己的睾丸），但在这么做的过程中，他将自己比作面对歌利亚的大卫。他说：“我们常常被迫独自反对舆论的力量，以无足轻重的石子，以及从纸片上和我们自己可怜的储藏中拿来的无力的论据，来应对歌利亚和权威巨人。”在布朗生活的世界里，面对权威，我们所谓的事实显得无能为力。他认为推理、见解和权威都应该在经验面前让步，但它缺乏表达这一简单思想所需的语言。他无法像休谟和我们那样说，事实胜于雄辩。

我太认为事实是理所当然的了，结果在知道它是一种现代发明时感到震惊。古典希腊语或拉丁语中没有表示事实的词，根本没办法把上面来自《牛津英语词典》的句子翻译成它们。希腊人写“*to hoti*”，即“所是”；经院哲学问“*an sit*”（“是不是”）。但是，反驳“是”陈述的余地很大，你几乎不可能把它们描述成牢固的或强有力的。当然，词和物并非总是同一的。你可以在没有“事实”这个词的情况下，拥有关于事实的思想，或拥有确立事实的程序。说真的，我很快就将主张，在事实确立和关于事实的语言之间，存在重要的区别。我已经说过，韦斯普奇的航海产生了毁灭性的事实，但在韦斯普奇的书里却没有与“事实”对应的词，无论是在原语言（《新世界》于1503年以拉丁语出版的，那封同名信件于1505年以意大利语出版）中，还是在大量的早期译文中。

在拉丁语中，最经常被现代译者翻译成“事实”的词是“*res*”（事情）。但是，事情和事实是不同的。一件事情可以在没有对应词语的情况下存在，但一个事实是一种陈述，一句话语中的一个词。事情不是真的，但事实是真的。事情和事实不是同一种东西。然而，我们对事实的态度就好像它们等于事情，词典给“事实”下的定义在把事实界定为事情和把它们界定为真实的信条之间游移。于是，按照《美国大学词典》（*American College Dictionary*），事实是“某种确实存在的东西；现实”，或者可以变通为“一种通过经验或观察可知的真相，某种已知为真的东西”。我们对事实的理解因而是双面的，有时候我们把它们视为事情、现实本身，有时候我们又把它们视为真实的信条、关于现实的陈述。结果，这就造成了事实的语法存在严重问题。就事实是真实的而言，它们无所谓真假；就它们是陈述而言，它们有真假之分。如果认为有人能够解决这一矛盾，那将是一种错误。关于事实，重点在于它栖息于两个世界之中，并且要求两个世界中较好的那个。正是这种特性使事实成了科学的原材料，因为科学也是真实的东西和文化的东西组成的一种特殊混合物。事实和科学是互为对方而被制造的。

事实不仅仅是真或假，它们可以借助于证据得到证实。“我信仰上帝”这一陈述或真或假，但只有我能够知道究竟是真是假，因为它指的是一种纯粹的内在精神状态，在本质上是主观的。如果我践行某些宗教仪轨，那么就有理由认为那一陈述为真，但要分辨人们究竟怎样才能证明它，却十分困难。有些人尽管已经丧失了信仰（暂时的，他们希望），却仍继续践行宗教仪轨。但是，我能够证明我受过洗礼或结婚了，因为这些是有文件为证的事实。它们是客观的事态。

一位当代哲学家区别了三种事实，它们分别是原始事实、有赖于语言的事实、制度性事实。我们不妨看一下他的一些例子：

1.“珠穆朗玛峰峰顶附近有雪和冰。”这是客观性的真或假，并且不依赖我的语言或我的主观经验（当然，我的确需要一种适当的词汇，以便向别的某个人传达这一真相）。它是一种原始事实。

2.今天是2013年6月6日，星期四。这是真实的，但它依赖一种纪年、纪月和日并为它们命名的惯例。它是一种有赖于语言的事实。

3.这是一张面值10英镑的钞票。这之所以是真实的，只是因为这张纸已经被英国银行发行了，是得到认可的形式。很多社会现实是由制度性事实构成的，例如所有权或结婚。

这三类事实意味着，我们发现珠穆朗玛峰被雪覆盖着，我们把今天当成了星期四，银行判定这是合法的支付。因此，一些事实是被发现的，一些是被制造的，一些是被判定的。再也没有比这更简单明了的东西了，只是我们从不说发现、制造、判定事实。作为替代，我们“确立事实”。注我已经能够把这一短语追溯到1725年。当然，它的巨大优势是，“确立”和事实的概念一样模棱两可。我们可以确立如此这般是事实，确立一个扎营基地，确立一种生意。确立适用于词语、行为和事情。

这并不是这种分类唯一的问题。欧洲对珠穆朗玛峰的知识依赖于一段漫长的发现、考察、测量和制图的历史。1855年，英国用三角法对印度进行了一次测量，测得标注为“山峰XV”的一座山高29002英尺（约8839.8米）（“高”在这里意味着高于海平面。当然，200年前，人们有可能认为海洋高于最高的山脉）。1865年，这座山被皇家地理学会正式命名。因此，当我说珠穆朗玛峰峰顶有雪时，我依靠的是一种共享的知识，即有个我们同意称作珠穆朗玛峰的地方，那个地方是一座很高的山，因此它的峰顶有雪和冰根本不算稀奇。对我们来说，这一“原始的”事实就变成了一个我们思维中的原始事实。但是，这是因为我们不了解那座山峰被发现、测量、命名、闻名于世的过程。实际上，珠穆朗玛峰自身是一个依赖语言、在制度上加以界定的实体。要制作可以共享的关于珠穆朗玛峰的陈述，不仅涉及发现一座被积雪覆盖的山，还涉及创造一种共有的语言。注“山峰XV的顶部附近有雪和冰”原本会是一个同样真实的陈述，但只会对一小群测量员和制图员有意义，对别的任何人都没有意义。

或者，拿今天的日期来说。这不仅是一个语言惯例。它是一个制度性事实，因为契约有赖于对日期的解释。在英国和英帝国，我们现在使用的格里高利历是在1752年由法律引入的。此历法规定在1752年9月2日（星期三）后的那一天是9月14日（星期四）。在欧洲大陆绝大部分地区，9月2日（星期四，英国历法）已经是9月13日了。在日期被改变的同时，年的开始也被从3月25日移到了1月1日，以至于1752年1月1日—3月24日从来没存在过。日期不仅仅被命名，也是被颁布的，就像钱币那样。

我们不了解我们确立事实的社会和技术过程，因为我们把它自然化了。对我们来说，有赖于语言的制度性事实开始显得像原始事实了。这不仅对钱币之类的社会制度是真实的，对一些关于自然世界的主张而言甚至更是如此。说真的，这些主张是有赖于理论的。我们把山的高度应该从海平面起被测量这一思想自然化了，而这一思想在中

世纪是没有意义的。一些比较复杂的例子应该能够阐明这一点。我知道我的出生日期，那是我父母告诉我的，它被记录在我的出生证、驾照、护照和各种官方记录里。它是一个真实的客观事实。如果我得了中风，忘记了我的出生日期，我可以毫不困难地确定它。然而，我不知道莎士比亚的出生日期。他或许从来也不知道他的出生日期。唯一的官方记录告诉了我们他受洗的日期。

你也许认为，即使我们不知道莎士比亚的出生日期，他自己应该知道。你可能错了。1608年，伽利略在和洛林的克里斯蒂娜（Christina of Lorraine）通信。她是托斯卡纳大公斐迪南一世（Ferdinand I）的妻子。克里斯蒂娜想让伽利略计算斐迪南的天宫图，但她确定不了他的生日，就提供了两个二选一、间隔超过一年的日期，分别是1548年7月19日和1549年7月30日。伽利略不得不计算两个天宫图，找出哪个似乎更符合斐迪南到当时为止的生活，从而决定他的出生日期，并预言他的未来。这里有个大公（说真的，他原本是个比较年轻的子嗣，没有料到会继承爵位），他的出生年份真的存在疑问，更别说哪一天了。我们都知道我们出生在哪一天，但这不是因为这样的知识是自然甚或正常的，而仅仅是因为在我们所生活于其中的世界里，这样的知识已经被制度化了。

马林·梅森是巴黎的修士，也是数学家。他读了伽利略的《关于两大世界体系的对话》（1632），碰到了以“*braccia*”表达的对下落物体相对速度的测量。“*braccia*”指的是手臂的长度或厄尔，是标准的意大利测量单位。[注]但是，伽利略的“*braccia*”究竟有多长？梅森给他写信询问，但从来没有得到答复。几年后，当梅森在罗马时，他找到了一个卖量尺的商店，获得了一个佛罗伦萨的“*braccia*”的尺寸。他随后检查了伽利略的测量，断定它们是错误的。但是，伽利略究竟是在佛罗伦萨测量的，还是较早时候在威尼斯测量的？威尼斯的“*braccia*”比佛罗伦萨的长，会让伽利略的测量更接近于精确。伽利略很可能并不担心能否产生绝对精确的测量，而这只是因为他知道罗马、威尼斯、佛

罗伦萨、巴黎使用的测量单位不同。当测量单位是地方性的，精确就没有意义了。事实上，在佛罗伦萨和威尼斯，有两种不同的“*braccia*”，被用于不同的目的。因此，如果说伽利略进行了与下落物体相关的测量，那么这就是真实的。但是，对梅森来说，伽利略并没有设法把那些测量变成事实，因为这些测量是依赖语言的，而语言差异背后存在着制度性法令。佛罗伦萨的“*braccia*”是由佛罗伦萨城邦决定的，为的是确保商人不欺骗他们的顾客。一个物体在一定时间内降落的距离看起来很像一种原始事实，却变成部分依赖语言和制度的了。梅森想通过获得直接的事实，来评估伽利略的主张，结果却证明这远没有那么简单，因为确立事实依赖必须被标准化的仪器，甚至像量尺那样简单的仪器也需如此。

我们所生活于其中的社会大量制造事实。例如，包裹标注着重量；路标不仅告诉你距离，在一些国家还告诉你正在路过的城镇的人口。我们不仅大量生产它们，还高效地发送它们，就像发送邮件。例如，我的公用事业报表告诉我，我用了多少电；我的银行报表告诉我，我必须花多少钱。在科学革命之前，事实稀少、罕见。它们是手工定制的，而非大规模生产的。它们发送不广，并且往往不可靠。举个例子，在1801年第一次人口普查之前，没有人知道大不列颠有多少人口。1696年，格里高利王（Gregory King）第一次认真地进行了估计。在他之前的1662年，约翰·格朗特（John Graunt）估算了伦敦的人口。在此之前，人口数字不可靠得无可救药，没有人愿意费力统计整个国家的人口。1752年，大卫·休谟（David Hume）出版了论文“论古代民族的人口稠密”（“Of the Populousness of Ancient Nations”），指出我们在古典文本中发现的数字没有意义。于是，根据迪奥多鲁斯·塞库鲁斯（Diodorus Siculus）在公元前1世纪撰写的文本，锡巴里斯城在公元前510年能够把一支由30万自由男人组成的军队投入战场；再加上女人、儿童、老人、奴隶，锡巴里斯显然比休谟撰写论文时的伦敦要大得多（根据现代估计数字，伦敦当时总人口约70万）。阿格里真托也是如此。根据第欧根尼·莱尔提斯（Diogenes Laertius）留下的文字，阿

格里真托在3世纪有人口80万。然而，这只是他们那个时代的小城市。反之，伦敦当时则是有史以来世界上最大的商业首都。休谟的论文标志着一种知识转变，因为他希望数字精确。在大约1650年之前，没有人责备迪奥多鲁斯·塞库鲁斯和第欧根尼·莱尔提斯的数字不值得相信，因为他们别无所求，并且他们自己的数字同样不可靠。

造就这个新世界的不仅仅是科学，还有政府。政府家当时忙于向公民征税，借款，把军队投入战场。股票市场需要盈利和亏损、资本和流通数字。但是，在没有把数字搞对的情况下，各国政府数千年来一直在做这些事情。自远古以来，商人一直在盈利、亏损。精确数字可以造成根本不同的思想始于13世纪的复式记账法，然后传播到了科学，并从会计学和科学向外扩展到了政府。

举个例子，1662年，约翰·格朗特公布了伦敦的死亡人数、死因以及他对死亡年龄的估计。从这些数字出发，他第一次对不同年龄群体的预期寿命进行了计算，得出了第一批可靠的数字，能够为人寿保险定价提供基础。他生活在一个统计数字精确的新世界。正是从科学家那里，从皇家学会第一代会员、测量了爱尔兰的威廉·佩蒂（William Petty）等人那里，作为政府行政官且实际上是会计师的格里高利王获得了概念工具，得以（非常粗略地）计算了1696年英国和法国的我们所谓的国民生产总值，为的是计算出哪国拥有更多的资源，能够打赢它们正在进行的战争。（国王艰苦的工作不仅涉及计算人数和他们的应纳税收入，还涉及计算牛、羊、兔的数量。）我们拥有古希腊人和古罗马人没有的东西，那就是可靠的事实和精确的统计，并且就它们所涉及的范围超越了特定的商业企业的事务而言，它们可以追溯至17世纪的科学革命。

虽然我强调事实是“被确立的”，强调你必须了解怎样确立它们，但我不想暗示它们是主观的，或在文化上是相对的。珠穆朗玛峰于1865年被命名。在之前和之后，它都被雪覆盖，高度一样。但是，发

现并共享关于珠穆朗玛峰的事实需要一个命名过程、一个测量过程、一个绘制地图过程。珠穆朗玛峰在1865年前就有，但在1865年前不存在关于珠穆朗玛峰的事实。关于珠穆朗玛峰的事实是被确立的，并且这涉及一个三合一的发现、制作、颁布的过程。

2

接下来，让我们言归正传，先来看一个特殊的事实确立的例子（在描述那些尚未拥有“事实”一词的人的活动时，使用这个词固然存在时代错误，但让我们也暂时把这个问题放在一边）。1604年2月19日夜，在布拉格，约翰尼斯·开普勒正在用一个名为四分仪的金属仪器在室外测量火星在天空中的位置。天文学家极为熟悉他正在尝试做的观测，因为自托勒密以来，天文学家就一直在做这样的观测。但是，开普勒认为，托勒密的观测不够准确，自托勒密以来的那些人的观测也是如此，第谷·布拉赫的除外。在这个特殊的夜晚，寒风凛冽，寒冷刺骨。开普勒发现，如果摘下手套，他的手很快就会麻木，摆弄不了他的仪器；如果戴上它们，他就几乎不能做必要的细微调整。风太大，点不了蜡烛，于是他只好就着一块通红的煤炭来读他的观测数字并记下它们。他觉得结果肯定不令人满意，认为他偏离了1°的10′（1′是1°的1/60）。你在现代学校使用的量角器上无法辨识1°的10′，在开普勒之前仅有一位天文学家可能会对这样的观测不满意。托勒密和哥白尼所认为的可接受误差正是10′。但是，开普勒是和第谷·布拉赫一起工作的。布拉赫已经设计了新仪器，能够进行的观测令人吃惊地精确到了1′。

THE TABLE OF CASUALTIES.

Place this Table after Fol. 74.

格朗特的死亡数目表，来自其《自然和政治观测》（*Natural and Political Observations*，1662）。格朗特根据在伦敦出版的年度清单，编制了每年出生、死亡的数据，以及死亡的原因。他使用这些数据来计算每个年龄群体的预期寿命，估计伦敦的人口。他估计的数字是46万人，而非有人提出的约70万。

开普勒之所以担心如此小的数字，是因为他对天文学的理解与他之前的任何人都不同。以前的天文学家的目标是构建数学模式，以成功预言行星在天空中的位置。他们都认为，这样的模式必然涉及各种圆周运动的结合，因为哲学家教导他们说，天空中的所有运动都必须是圆形的。对开普勒来说，问题在于圆、偏心轮、本轮是几何建构，没有证据证明天空中存在这样的传动装置。此外，他的前辈十分乐于对每个行星使用两种不同的模式，一种用来计算它从东向西的运动，另一种用来计算它从南到北的运动。

开普勒知道天空中不存在水晶球体，所以他明白行星是在他所谓的“轨道”上穿越了空的空间。开普勒用轨道取代了球体，因为他想用物理取代几何。（以这种意义应用的“轨道”标志着开普勒的关键创新。在此之前，轨道指的是轮子在地面上留下的辙迹，或者眼窝。轨道是物理的，辙迹则是一种几何抽象。）为了理解行星的运动，开普勒想到了试图划过湍急河流的摆渡者。他设想（因为开普勒愿意设想天使在引导着行星），如果你正在驾一颗行星穿越空间，那么你将怎样确定你自己的位置，怎样沿着路线前进呢？偏心轮涉及一个完美的圆，这个圆围绕着毫无特色的空间中一个没有标志的点。对他来说，这似乎是不可能的。开普勒相信，你必须考虑在空间流动的力量（他的灵感是伽利略不久前出版的磁铁研究著作），并且自问一个天空舵手怎样把握方向。其结果是，他坚持采用一个数学模式来解释行星在天空中的运动。他利用布拉赫的圆周组合，试图把这一方法用于火星。他在经度（2′的误差）上获得了满意的结果，但在纬度上却失败了。他重新调整了几何，试图纠正纬度，结果经度上的误差攀升到了整整8′。这样的误差曾一度被当作无足轻重而不予考虑，但开普勒认为这令人无法忍受。

JOANNIS KEPPLERI
Sac. Cæs. Majest. Mathematici

DE

STELLA NOVA

IN PEDE SERPENTARII, ET QUI SUB EJUS EXORTUM DE NOVO INIIT,

TRIGONO IGNEO.

LIBELLUS ASTRONOMICIS, PHYSICIS, METAphysicis, Meteorologicis & Astrologicis Disputationibus, ἐνδόξοις & παραδόξοις plenus.

ACCESSERUNT

I. *DE STELLA INCOGNITA CYGNI: Narratio Astronomica.*

II. *DE JESV CHRISTI SERVATORIS VERO Anno Natalitio, consideratio novissimæ sententiæ LAVRENTII SVSLYGÆ Poloni, quatuor annos in usitata Epocha desiderantis.*

Cum Privilegio S. C. Majest. ad annos XV.



PRAGAE

Typis PAULI SESSII, impensis AUTHORIS.

ANNO M. DCVI.

开普勒于1606年出版的《新星》的书名页。

正如开普勒后来认识到的那样，如果他决心找到一种恰当的圆周体系，他可能已经做到了。但是，他反而开始玩起了其他数学模式。他发现，如果他把轨道模拟为一个以太阳为焦点的椭圆，那么他所产生的结果就能达到令人满意的精确标准（不到2′）。以前的天文学家会拒绝这一解决方案，因为它没有包含圆周运动。然而，开普勒却对此感到愉快，因为他能够想象存在某种被涉及的物理力。这一物理力导致行星在空间摆动，在靠近太阳（那种力的源）时加快速度，在远离太阳时放慢速度。他当然是正确的，因为那种力就是引力。

开普勒并不拥有“事实”这个词（他写到了现象、观测、效应、实验等等），但他肯定拥有那种思想，知道他寻找的就是事实。他给他的《新星》（*New Star*，1606）的书名页选了一幅图，图上有一只母鸡在一个农家庭院里啄食，配着警句“*grana dat e fimo scrutans*”（在粪里寻找，她找到了谷粒）。他没有把自己表现为一个伟大的哲学家，而是某个准备四处寻找事实的人。由于必须让他的事实可信，他被迫采用了很多修辞手段。按照文献，这些技巧是很久之后才被发明出来的。他明显啰唆地描述了无关的细节（例如，1604年2月19日夜里，他读他的仪器上的数字所借助的那块通红的煤炭），表达了以和关心成功相同的态度来报告失败（他把他所谓的对火星的战争描述为一场几乎无休无止的失败）的决心。他还坚持把读者牵涉进来，好像他们真的在场。在《新星》中，他甚至还向我们介绍了他的妻子，就好像我们正在他们家拜访他们。他解释说，他发现难以反驳伊壁鸠鲁学派的主张，他们认为宇宙是偶然的产物。但是，与他相比，他的妻子是一个更可怕的对手：

昨天，我写作写累了，头脑因为思考原子而昏昏沉沉。就在此时，她喊我去吃饭，给我上了一盘沙拉。于是，我对她说：“如果一个人要把锡盘、莴苣叶、盐粒、油滴、醋、水、黄灿灿的蛋抛到空中，

并且这些东西全都永远地留在那里，那么这盘沙拉有一天会不会完全偶然地落在一起？”我美丽的妻子回答道：“但不会有这样的外观，也不会按照这样的顺序。”

锡盘、黄灿灿的蛋是不相干的细节，但其目的是创造罗兰·巴特所谓的“现实效应”。我们可以相信开普勒，我们将会明白这一点，因为他把真实发生的情况告诉了我们。在19世纪，这种叙事成了历史学家的理想［*wie es eigentlich gewesen*，“正如其实际情况那样”，就像兰克（Ranke）所说的那样］。但是，在17世纪，渴望现实主义成为一种文学风格的不是历史学家，而是科学家。（然而，也有例外，牛顿和笛卡儿最为明显。）由于新科学尚未确立起充当权威的要求，这一要求不得不通过诉诸现实而得到主张。在一个没有同行评审、文本的世界里，为了传达可信性、可靠性、精确性，必须运用文学手段。在现代读者看来，就开普勒的《新天文学》（1609）而言，对现实主义的追求采取了一种最为特殊的形式。开普勒非但没有概述其新天文学，反而呈现了一种关于他对新天文学的求索的历史叙事，他的错误转向和错误都得到了细致的记录。为了制作事实，开普勒不仅要在2月的夜晚把手指冻僵，还必须设计文学形式，以便让其读者相信，他已经尽其所能地搞清了他的事实（和他的理论）。就连他的著作的书名页也宣布，他的新天文学是“在一场持续多年、锲而不舍的研究中于布拉格发展出来的”。

当然，并非所有人都觉得这种策略有用。伽利略就抱怨说，他觉得开普勒的著作令人不忍卒读。对他来说，构建现实外观的方式不是历史叙事，而是戏剧。在伽利略《关于两大世界体系的对话》的卷头插图中，亚里士多德、托勒密和哥白尼位于一块幕布的前面。戏剧表演开始了，这块幕布被拉了起来。伽利略呈现了一场对话，但他从不登台表演，从而得以（至少在原则上）避免为任何被提出的主张负责。但是，他也想给读者留下身临一场真正辩论的现场的感觉，哥白尼学说好像在这场辩论中取得了无可争辩的胜利。不幸的是，这两个

目标彼此直接矛盾，并且伽利略在第二个目标上取得的成功削弱了他在第一个目标上做出的相当三心二意的努力。这里存在一个奇怪的现象。伽利略的《对话》虽然明显设在了一个真实的地方（威尼斯），但其内容却显然是虚构的。他笔下的人物之一辛普利西奥（Simplicio）是虚构的，另外两个人物则已经死了［萨尔维亚蒂（Salviati）卒于1614年，萨格雷多（Sagredo）卒于1620年］。但是，虚构的目的是创造一种现实感，让读者相信对话中的信息完全是真实的。即使主人公是虚构的，事实也是真实的。

我之所以把1604年2月19日晚上的开普勒作为开始，是因为每个事实都拥有一种地方史。开普勒对讲述那样的历史感兴趣，为的是让读者相信他的测量是精确的；历史学家对讲述它感兴趣，为的是在被确立、叙述的过程中捕捉事实。开普勒之所以绕这么大一个弯儿，原因之一是不存在根据表面价值判断现实的传统，他根本不能大胆地陈述事实。哲学中的关键词是“现象”，就连开普勒和伽利略的时代也是如此。只要事关亚里士多德，现象就包括被普遍接受为真实的一切。因此，如果人们普遍认为老鼠是在干草里自发产生的，那么哲学家的任务就是解释为什么如此，而不是质疑它究竟如不如此。此外，现象是易变的。托勒密将其天文学建立在测量的基础上，正如开普勒做的那样。但是，托勒密及其追随者认为测量可以被认为是近似值，因为在实践上，理论预言和实际测量之间肯定存在小的偏差。此外，他们没有保持一致的义务。用一种假说（或模式）来解释一颗行星沿着黄道面的移动，用另外一个与第一个存在矛盾的模式解释它在这个面上下的偏差，这完全可以接受，从而拯救或打捞了现象。相比较而言，开普勒则在寻找一种完美的匹配。他也许一直在做和托勒密做的测量很像的测量，使用的仪器很像托勒密用过的仪器，但在他的事业中，测量（我们所谓的事实）拥有一种新地位、一种新权威。



伽利略的《对话》（1632）的卷头插画。亚里士多德（左）被画成了一个衰弱的老人。托勒密（中）戴着头巾，因为他来自埃及。哥白尼穿着波兰牧师的衣服，站在佛罗伦萨的利沃诺港口。他们讨论着物理学和天文学问题。但是，哥白尼看上去根本不像出现在其他来源中的

哥白尼的形象。在那些来源中，他总是被描绘成一个年轻人，胡子刮得干干净净。实际上，博尼格尔（Bernegger）翻译的拉丁语译本很快纠正了这一“错误”，提供了一幅更准确的哥白尼肖像。伽利略似乎决定把自己呈现在哥白尼的角色里。在三位哲学家的头上悬着一块幕布。戏剧表演开始，幕布被拉了起来。伽利略的雕工斯特凡诺·德拉·贝拉（Stefano della Bella）曾把这一装置用于一些戏剧的卷头插画。就这样，伽利略暗示，书中呈现的观点将被认为是错误的，因为哥白尼学说已经遭到了教会的谴责。

3

事实不仅会被确立，也会“被废止”。当然，我们不用正儿八经地声明。事实按照定义是真实的，因此当它们被发现是虚假的，它们就不再是事实了。就像《彼得·潘》里的小仙女，只有孩子们相信她，她才能活着。事实是以经验为基础的，也会被经验驳倒。古希腊人和古罗马人相信，如果你用大蒜擦磁铁，它就会被消磁。普鲁塔克、托勒密和各种各样的先贤无疑相信这一点。对他们而言，用戴恩·勒乌（Daryn Lehoux）的话说，那是“毋庸置疑的真实性”的一个例子。你可以给磁铁涂上羊血，让它再次带磁。老练的思想家（托马斯·布朗在1646年将其称作“勇敢、可敬的作家”）仍然相信这一点，一直到17世纪。詹巴蒂斯塔·德拉·波尔塔［那不勒斯的一位贵族，其《自然魔法》（*Natural Magick*）是1560—1660年那100年里的一大畅销书］抗议道：

可我尝试了这一切，发现它们是假的。我在吃了大蒜后不止一次在磁石上呼吸、打嗝，却没有停止其特性。我用大蒜汁涂抹它，它依然发挥其作用，就像从没被涂抹过一样。

然而，这种对经验的求助并不新。普鲁塔克已经要求，对大蒜使磁铁失去作用的效果，应该有“可感知的经验”。在普鲁塔克和德拉·波尔塔之间，经验的性质中似乎发生了某种变化。

但是，（我们被告知）德拉·波尔塔对经验的借助没什么新东西。他在很多问题上都十分轻信，完全和所有那些相信大蒜威力的人一样。举个例子，他相信自然发生说。他不仅相信有能够孵化出鹅的北

极雁（白额黑雁也是如此，就连开普勒也认为鹅来自北极雁），而且相信腐烂的圣贤产生了一种“像乌鸫的”鸟。他相信熊之所以爱吃蜂蜜，是因为它们在寻找它的过程中被蜇了。蜜蜂蜇了熊嘴，拉下了原本使熊视线朦胧的一层厚厚的体液。于是，熊之所以爱吃蜂蜜，是因为这改善了它们的视力。如果在大蒜和磁铁这一主题上，德拉·波尔塔碰巧和我们持有同样的观点，那并不是因为他在把握证据上强过普鲁塔克和托勒密。他所做的不过是把大蒜和磁铁的问题与它更广阔的背景隔开，也就是感应和相克的背景。就“大蒜遇上磁铁会发生什么”这个问题，这使得他提出了一个新答案。他的答案碰巧和我们的答案一样。

但是，那种认为德拉·波尔塔已经把磁铁的研究隔离于感应和相克的问题的说法相当奇怪，因为就在他的著作的开篇处，当他探讨那些借由它们可以达到很多目的、强大的力时，他给出的例子依然是标准例子，例如人和狼之间的不相容。如果一个人看到一只狼，那么这种不相容会让他说不出话来。大蒜和磁铁的例子也被包括在内（我引用了1658年的英语译本）：

大蒜和磁石之间明显的不和也属于这种情况，因为如果被涂了大蒜，磁石就不能把铁拖过来。正如普鲁塔克和在他之后的托勒密指出的那样，磁石拥有一种有毒的特性，而大蒜能够很好地抗毒。但是，即使没人记录过大蒜抗磁石的效力，我们也有可能推测它会这样，因为它能很好地抗蝰蛇、疯狗和有毒的水。因此，有些活的生物是毒物之敌，能够吞下毒物而无危险。它们同样可以向我们显示，这样的毒药能治愈它们的撕咬和击打造成的伤害。

我们不应苛责德拉·波尔塔对感应与相克学说的接受。就连笛卡儿也在1618年相信（或许是由于德拉·波尔塔的权威），如果一面蒙着羊羔皮的鼓感觉到来自另一面蒙着狼皮的鼓的振动，那么它就会保持沉默。当然，笛卡儿不久就将开始拒绝一切公认的见解。死亡无法解除

羊羔和狼之间的不相容，就连制革法也不能。然而，仅仅数十年后，沃尔特·查理顿就大肆嘲笑了那些持这一观点的人：

很多古人断言，底部蒙着狼皮、顶部蒙着羊皮的鼓几乎发不出任何声音；不仅如此，如果把狼皮和羊皮就近放在一起，狼皮就会很快抓住羊皮并将其吃掉。很少有现代人质疑这样的观点。要证明那些传统该不该被列入常识的谬误之中，我们只需直接诉诸经验，让它们接受容易、廉价的实验。至于那些提倡者，也就是它们的始作俑者，应该被逐出哲学家群体，因为他们通过编造明显的谎言背叛了真理。至于那些傻瓜，由于相信［原文如此］、崇拜这样的愚蠢行为，只能散发出无稽之谈的气味。

17世纪中叶，经验不再是某种自然符合以前权威的观点的东西，而是成了离奇信条的腐蚀剂。

尽管如此，我们该怎样解释德拉·波尔塔既相信又拒绝大蒜/磁铁不相容这一特殊事实呢？[注]我们首先要认识到，《自然魔法》创作时间超过30年。老实说，它是两部著作。第一版被分成了四“卷”或部分，于1558年出版（在70年的时间里，以5种语言出版了60版）。第二版包含20卷，出版于1589年。这两版之间的关系很复杂。1558年版中的大量材料在1589年版中消失了。主要原因很简单，德拉·波尔塔在1577—1578年被指控以妖术惑众，受到了宗教裁判所的审判。（他遭逮捕可能是在1574年，当时他被命令关闭他为探索自然奥秘而创建的学院。）他不断遭遇天主教书刊审查问题，曾一度被禁止出版著作。

《自然魔法》第二版经过了认真检查，为的是去掉可能的违法证据。一个精心构造的句子被引入，为的是让德拉·波尔塔对灵魂的探讨符合基督教的教义。所有提及世界灵魂（*anima mundi*）的地方现在都被小心地变成了引文。[注]有一章不可避免地消失了。在这一章中，德拉·波尔塔描述了一个实验。这个实验用了一种药膏，巫婆们据说用这

个药膏让自己飞到了行巫术的场所。他曾经顺便结识了一个巫婆，后者同意展示她的威力。她给自己身上抹遍了一种药膏（德拉·波尔塔提供了两种配方，一种以小孩子的脂肪为基础，一种以蝙蝠血为基础），完全陷入了昏睡。她的肉体从未离开她被锁在其中的房间，但她醒来后却说自己飞过了海洋和山脉。这种实验显然暗示，行巫术不过是一种幻觉，而非现实。㊟各种有可能被怀疑与魔法有关的段落也消失了，其中包括对护身符的长篇讨论。或者，至少对那些手上拿着第一版寻找它们的人来说，它们消失了。但是，一个发现妻子是否忠诚的秘方（把一块刻着维纳斯形象的磁铁放在她的枕头下。如果她忠诚，那么她会在睡觉时多情地靠向你；如果不忠诚，她会把你踢到床下）只是被移到了得到扩充的磁铁部分，通过被改造成一点学术知识而变得相对无伤大雅。还有一个秘方被移到了最后一卷一个相对安全的位置。这一卷是各种说法的汇编，名为“混乱”。这个秘方是把兔子的脂肪放在灯上加热，直到冒烟，据说可以保证让女人撕掉她们的衣服并疯狂地跳舞。这个秘方不完整，因为灯应该被刻上神秘的字符，还要低声说一种咒语。即使如此，德拉·波尔塔也显然想依靠审查员的粗心，侥幸于他们不会直到最后都全神贯注，因为对任何迷信的读者来说，这些神秘字符和被低声说出的咒语都肯定暗示着妖术。

宗教审查并不是德拉·波尔塔的书遭受的唯一压力。我们知道，他曾长期致力于探寻怎样把常见金属变成黄金的秘密。老实说，在16世纪80年代，有那么一段时间，他觉得自己发现了它。这样一个秘密不能被广泛传播，因为如果每个人都制造黄金，制造黄金就没有意义了。他在《自然魔法》的两个版本中都向读者保证，他不打算承诺金山。但是，他也都指出，他有时候会隐晦地表达自己的意思，让单纯的读者发现不了真相。他还向一些心有所图的人提供秘方，例如怎样增加一根金条的重量。这些配方既可以制造假金银，也可以制造真的。

德拉·波尔塔尽管承认绝大多数炼金术士都是骗子，但他也向我们保证他与众不同，只提供可靠的信息。《自然魔法》的两个版本都以一个承诺开头，即德拉·波尔塔将只根据个人经验说话：

很多人写了他们没有见过的东西，他们也不知道作为配料的那些草药，只是怀着一种天生的、迫切的添油加醋的欲望，从别人的传说那里把它们抄下来，结果错误一传再传，到最后多如牛毛，以前的痕迹（即原来的配料）留下的就没多少了。结果，不仅做实验将会变得困难，就是一个人读它们，也难免哄然大笑。

关于这样的错误，第一版提供了两个例子。加图（Cato）和普林尼曾说，象牙制的瓶子可以被用来确定酒里是否掺了水，因为酒会被赶走，留下水。盖伦曾说，被压扁的罗勒自发产生了蝎子这种说法是错的。为了检验这一点，德拉·波尔塔把压扁的（压扁了，但没有撕碎！）罗勒放在了户外的陶片上，结果不仅产生了蝎子，其他蝎子也被罗勒的气味吸引，聚成了一堆。（德拉·波尔塔并没有屈尊说明，他究竟是怎样把新产生的蝎子和只是路过的蝎子区分开的。）

德拉·波尔塔因而是一个令人困惑的例子。他知道很多信息不可靠，需要接受检验，然而他似乎没有能力做明智的检验。这个问题部分在于他不诚实得无可救药，坚持说他见过、做过他不可能见过、做过的事情。这种不诚实最近得到了证明，就存在于他在第二版中对磁性的探讨的核心部分。那一部分大多是从一份匿名手稿那里剽窃的。该手稿是一个耶稣会哲学家写的。这个哲学家是威尼斯贵族，在帕多瓦耶稣会学院任教，名叫莱昂纳多·加佐尼（Leonardo Garzoni，1543—1592）。证据很明显，德拉·波尔塔不仅照抄了加佐尼，并且误解了他声称做过的一些实验，进而对它们做了错误描述。具有讽刺意味的是，德拉·波尔塔很快就抱怨说，他对磁性的探讨被威廉·吉尔伯特剽窃了。

加佐尼的文本仅有一个残本存世。它曾被收藏于乔瓦尼·文森佐·皮内利（Giovanni Vincenzo Pinelli）的帕多瓦图书馆，伽利略曾在那里阅读一些难找到的书。皮内利去世时整个图书馆的藏书被卖掉，用船从威尼斯运往那不勒斯。一艘运送了部分藏书的船被海盗截获了。他们沮丧地发现，船上除了书什么也没有。失望之余，他们把一些箱子从船上扔了下去。他们抓住了船员（与书不同，他们很容易被卖掉），然后任那艘船漂浮，直到其失事。很多躲过波浪的书籍和手稿被渔民当漂浮木烧了。很多书页被撕下来堵船上的洞或糊窗户（窗玻璃依旧是奢侈品）等到所有者的代表抵达并对剩下的东西提出所有权要求时，已经造成了很大破坏。这一特殊的手稿逃脱了波浪和火苗，但显然落入了渔民手里，因为它的一部分已经遗失。

但是，肯定曾经有过其他副本，因为它不仅对德拉·波尔塔是一个不被承认的关键来源，对耶稣会士尼科洛·卡比欧（NiccolòCabeo）的《磁性的哲学》（*Magnetical Philosophy*，1629）也是如此。威廉·吉尔伯特的《磁铁论》（*On the Magnet*，1600）通常被认为标志着现代实验科学的开端。他严重依赖加佐尼的文本。当然，这也可能只是德拉·波尔塔宣扬的结果。加佐尼设计了100多种实验，其中很多被吉尔伯特复制。我们有确凿的证据，可以将他而非吉尔伯特视为现代实验科学的奠基人（在下一章里，我还将探讨这一问题）。德拉·波尔塔是如何得到加佐尼的书的呢？当他于1580/1581年在威尼斯时，可能读过它。当然，除非它到那时已经被写了出来。我们对此尚无法确定。伟大的威尼斯哲学家和科学家保罗·沙尔皮1582—1585年在那不勒斯，而德拉·波尔塔对他的读者说，他所知道的磁学知识大多是从沙尔皮那里学来的。沙尔皮可能给他提供了加佐尼文本的一个副本。德拉·波尔塔也是耶稣会的一个俗家修士，不过这好像是在其因异端而受审后为证明其宗教正统性所做的努力之一。因此，他也许有其他接触耶稣会哲学的途径。

德拉·波尔塔对沙尔皮的过分感谢造成了另外一个问题。他写道：

我在威尼斯就知道，威尼斯人R.M.保卢斯（R.M.Paulus）也在忙于相同的研究。他曾经是仆人等级的外地人，但现在他是一位杰出的倡导者。我不仅要承认我从他那里获益良多，而且还为此感到自豪，因为在我曾经见过的人里，我还从不知道有谁更博学、睿智、掌握了全部的知识。他不仅为威尼斯或意大利增光添彩，还为整个世界增光添彩。

德拉·波尔塔指名道姓地感谢一个人，这是唯一一次。沙尔皮曾就磁学写过一篇简短的论文，但它现在已经失传。德拉·波尔塔也许读过它。但是，德拉·波尔塔之所以要介绍沙尔皮，显然是为了万一剽窃暴露，可以此为掩盖。通过承认受益于沙尔皮，德拉·波尔塔可以否认读过加佐尼的文本，因为他可以声称，他们的文本之间的任何相似都是他从沙尔皮那里学来的。

加佐尼对大蒜和磁铁不太感兴趣，但他的小册子一开头就表示，关于磁铁的胡说八道太多了，可靠的知识必须以实验为基础。他解释了所需的基本设备，其中包括一对磁铁、一些小铁棍儿、一些铁指针。他还说，借助这些设备，你会发现，要确定大蒜和钻石并不消除磁铁的作用，很容易。你想什么时候做实验，就可以做。德拉·波尔塔显然产生了兴趣。此外，即使他声称做了加佐尼描述的一些实验，而实际上并没有做，他仿佛也的确做了这些特殊的实验。虽然曾一再坚持（在第一版中两次，在第二版中一次）大蒜会使磁铁失去作用，但他现在报告说：“当我尝试了这一切，我发现它们是假的。我在吃了大蒜后不止一次在磁石上呼吸、打嗝，却没有停止其特性。我用大蒜汁涂抹它，它依然发挥其作用，就像从没被涂抹过一样。”

在驳斥了所谓的大蒜可以让磁铁失去作用的能力后（我们被告知，海员没时间去管这个故事，因为“等不到戒除吃洋葱和大蒜，海员们自己就会丢了性命”），德拉·波尔塔继续证明另外一种流行的信条

（他曾在第一版中愉快地加以接受）也是假的，即钻石也能使磁石失去作用：

我经常试这个，发现它是假的。它里面没有真理。但是，一知半解的人和无知的家伙太多，他们会欣然听从古代作家，原谅这些谎言，看不到它们给共同的学识财富造成了多大伤害。新作家则以他们的观点为基础，认为它们是真实的，给它们添油加醋，发明并从他们那里拿来其他实验，结果比他们坚持的原则还要虚假。盲人领着盲人，双双跌到坑里。任何人都必须探索、热爱、承认真理，任何新、旧权威都不能让我们远离真理。

实际上，德拉·波尔塔的实验引领他采取了相反的观点，即你可以用钻石制作磁铁，而非毁灭它。

羊血能够恢复磁铁作用这一说法（在第一版中也被提了出来，在普利尼以来的文献中很常见）也是虚假的：

因为既然钻石和磁石之间存在不相容，钻石、羊血之间存在的不相容和羊血、磁石之间的感应一样大，于是我们就从这一观点进一步推论，当磁石的特性因钻石的在场或大蒜的臭气而变得淡化时，如果给它浇上羊血，那么它就会恢复其以前的力，并且变得更强。但是，我经过尝试，发现所有报告都是虚假的。钻石并不像人们所说的那么硬，它屈服于钢，屈服于不太旺的火。但是，它在羊血、骆驼血、驴血中却不会变软。我们的珠宝商认为所有这些关系都是虚假、荒谬的。磁石丧失的特性不会因为羊血而恢复。我不厌其烦地说这些，就是为了让人们看看，从虚假的原理中能得出什么虚假的结论。

德拉·波尔塔写的关于大蒜和磁铁的文字让人读起来完全像个现代人写的。然而，就在几页前（在从加佐尼偷来的那些段落之前），他头脑糊涂得一如既往。他暗示，如果两个人手持罗盘，盘面周围刻着字母，那么他们肯定能够进行远距离交流（即使其中一人被关押在大

牢里）。如果一个人把罗盘的指针指向一个字母，另外一个罗盘的指针就会摆动，并指向同一个字母。然而，又一次，“错误的原理得出了错误的结论”。当然，至少他没有声称他曾经试过该方法，以证明它管用。注

因此，要想把德拉·波尔塔变成一个谨慎的、在意把他的事实搞清楚的经验主义者是不可能的，因为他一再提出相反的主张；要想把他称作一位现代思想家也是不可能的，因为他一再坚持，意在证明“这一后来的时代对古代的超越有多么过分”。然而，如果认为，在磁铁与大蒜、钻石和羊血所谓的相互作用上，德拉·波尔塔是一位现代经验主义者，决心搞清楚事实，即使牺牲一种珍爱的理论也在所不惜，那么这种看法也显然是错误的。似乎存在两个德拉·波尔塔，一个夸夸其谈，另一个则令人吃惊地说干就干。

关于这一点，有个简单的解释。当加佐尼在为他思考时，德拉·波尔塔的文字读起来像个现代人写的；当德拉·波尔塔在为他自己思考时，他的文字读起来则像普林尼写的。于是，这些关于存在问题的真实性的小奇闻就进入了德拉·波尔塔的文本，如大蒜不能让磁铁失去效力，或羊血不能恢复它的效力。当然，他乐于将它们纳入其中。毕竟，就他一再声称他依靠经验而非权威而言，还能有比这更好的证据吗?

然而，德拉·波尔塔不能根据这一简单发现，使自己重新思考他的世界。于是，他仍旧把大蒜和磁石放进他论述感应和相克的关键章节中。在这一章节里，我们获悉，把发狂的公牛拴在无花果树上会让它变得老实，公鸡的啼鸣能够吓坏蛇怪，洗干净的蜗牛能够醒酒，看到狼会让人说不出话来，大蒜会让磁铁失去效力。说到对假定的大蒜和磁铁之间不相容的反驳，它无非就是一件毛衣上的一根松了的线，拽一下线整个毛衣就会散开。因此，德拉·波尔塔只是把线塞到了原来的地方，假装一切正常。

要想消除另外一个明显的替代解释，很容易。你可以暗示，关于磁性的那一新的部分是在最后时刻被添加的，德拉·波尔塔只是没能根据他的新结论修订他的序言。这不会达到目的，因为关于磁性的新部分包含了一些材料。为了让他的书不引起审查员的厌恶，他把这些材料从原来的位置移开了。那么，似乎确凿无疑的是，他写或修订关于磁性的部分时，就是他修订开头几章的时候。无论如何，整部著作都肯定在出版前经过了细心的复审，以确保禁书审定院（负责教会审查）和宗教裁判所（负责起诉异端）满意。德拉·波尔塔肯定意识到，他自相矛盾。

于是，不管愿意与否，一个关于存在问题的真实性的小片段都被释放到了世界之中。只要是能够接触到罗盘和一瓣大蒜的人，都能够亲自检验。消除旧“事实”之所以如此重要，原因就在于此。抓住一头发狂的公牛、一条蛇怪或一匹狼则要难多了。由于德拉·波尔塔的书一版再版，一译再译，它就（为那些通览全书的人，几乎很少有人读了关于感应和相克那一章后还会接着读下去）给旧信条带来一种强效解毒剂。德拉·波尔塔只不过随口说，必须以怀疑的目光看待一切知识权威，所有涉及经验的主张都必须接受检验，但就连他也在使旧的肯定性变成或然性中发挥了作用。于是，贝尔纳多·切西（Bernardo Cesi）虽然在其于1636年出版的《矿物学》（*Mineralogia*）中转述了那个大蒜使磁铁失去效力的老故事，却对德拉·波尔塔强烈的否认留下了足够深刻的印象，（几乎）要被他说服了。切西发现抛弃钻石使磁铁失去效力的信条更难，因为它受到了最著名的作家的匿名支持。然而，他忠实地转述了德拉坚称自己对相反的观点有直接经验的说法。最后，虽然如此，切西仍准备继续下去，就像德拉·波尔塔那样，仿佛真的没有发生什么，仿佛一个人可以同时既相信老故事也可以不相信它们。说到底，切西是否在较早的时候在他的书中说过，“我们通过日常实验知道，磁石的威力被大蒜削弱了”？

到了这时候，我们仿佛已经解决了勒乌给我们呈现的问题。勒乌试图主张，普鲁塔克和德拉·波尔塔之间没有真正的差异，他们半斤八两。如果他比较了普鲁塔克和加佐尼，可能就不会提出相同的主张了。但是，我们还需要考察一个问题。普鲁塔克、加佐尼和德拉·波尔塔全都诉诸经验。不过，还是让我们看看普罗塔克说了什么吧。他说："我们对这些东西有着明显的经验。"切西写道：""我们通过日常实验知道，磁石的威力被大蒜削弱了。"1653年，阿诺德·德·伯特（Arnold de Boate）写道，磁石"有一种极好的特性，不仅把铁拖向它自己，而且可以让任何在它上面摩擦过的东西也拖动铁。不过，有文字记载，如果它被涂上了大蒜汁，就会丧失那种特性，然后就无法拖动铁了。如果把钻石就近放在它上面，也会出现这种情况"。把普鲁塔克的"我们明显的经验"、切西的"我们知道"、德·伯特的"有文字记载"和德拉·波尔塔的"当我尝试这一切"或加佐尼邀请我们自备设备、自做实验比较一下。加佐尼的事实和德拉·波尔塔的事实不是基于一种共同的知识、一种共同的理解，而是基于直接的、个人的经验。勒乌告诉我们，在读了他的文本后，一位匿名的仲裁者"正确地指出，在逻辑上还有另外一种可能性（除了普鲁塔克的'经验'和德拉·波尔塔的'经验'是同一种东西），即普鲁塔克用'经验'所指的东西可能与我们所指的大为不同"。

那位仲裁者是对的。普鲁塔克的经验是一种非直接的经验，正如亚里士多德的现象是以他人的经验为基础。加佐尼和德拉·波尔塔的经验则以真实的、个人做过的检验为基础。帕西（Passi）否认钻石可以让磁石失去作用。他于1614年写道："因为我在威尼斯这里做了试验，为的是在帕德雷·唐·塞韦罗·塞内西（Padre Don Severo Sernesi）在场的情况下澄清问题……我使用了"一位名望极高的珠宝商提供的"20颗钻石……"或者拿托马斯·布朗来说。他于1646年认为大蒜/磁铁不相容"肯定是假的"。他是怎么知道的呢？"因为把一根铁丝加热到通红、炽热，然后在大蒜汁里淬火，它还是从地球上吸收了一种向磁极性，吸引了指针南面的那个点。如果把一块磁石的齿状面用大蒜盖住或卡

住，它还是会吸引。指针在大蒜里励磁、一动不动，一直到开始生锈，仍然会保持它们吸引、指南北极的特点。”布朗没有使用第一人称单数形式，但他对细节的认真使用（通红、炽热的铁，生锈的指针）暗示了直接的经验，而非传统的推测。1671年，雅克·雷诺（Jacques Rohault）则肯定使用了第一人称单数形式。他说：“这是一些（关于磁铁和大蒜的）故事，被我做的1000次实验驳倒了。”

在安瑟尔谟·波埃修斯·德·卜德特（Anselmus Boëtius de Boodt）于1609年出版的矿物研究著作里，我们可以看到起作用的新标准的一个早期例子。德·卜德特来自布鲁日，在帕多瓦接受的教育，成了鲁道夫二世（Rudolph II）皇帝的私人医生。他承认，现代学者认为大蒜对磁铁不起作用肯定是对的，因为海员们赞同他们的观点。至于钻石有让磁铁失去作用的能力，他既转述了传统的观点，也转述了德拉·波尔塔的实验（或被认为做过的实验）。然后，他谨慎地补充说，他自己没有做实验。他怀疑普林尼等人所谓的有一种排斥铁而非吸引铁的磁铁的说法。他自己从没见过它，或找到一份可靠的第一手相关报告。他也怀疑一种经常被重复的说法，即存在一种像磁铁吸引铁那样吸引黄金的石头（吸金石），还存在一种吸引银的磁铁。关于这两种情况，他都没能找到直接的证人证言。他还拒绝那种锤子砸不碎钻石的说法。在较近的时代里，检验证明，所有钻石都易碎。用羊血来软化钻石没有必要。

当然，就大蒜能够毁灭磁铁的威力这一说法而言，其新反对者德拉·波尔塔、威廉·巴洛维（1597）、吉尔伯特、布朗等人并没有立即获胜。扬·巴普蒂斯塔·范·海耳蒙特（Jan Baptista van Helmont，1621）、阿塔纳修斯·基歇尔（Athanasius Kircher，1631）、亚历山大·德·维森迪内斯（Alexander de Vicentinis，1634）坚持老观点。为了赋予它们一种严肃的科学系统表述，罗伯特·米基莱（Robert Midgeley）的《自然哲学新论丛》（*New Treatise of Natural Philosophy*，1687）似乎做了最

后一次尝试。这怎么可能呢？亚历山大·罗斯（Alexander Ross）对布朗的答复（1652）提供了答案：

我知道，我现在才说的（卷二，第三章）大蒜妨碍磁石的吸引的说法遭到了布朗博士的驳斥。在他之前，它还遭到了巴普蒂斯塔·波尔塔（Baptista Porta）的驳斥。然而，有那么多著名的作家断言了大蒜的这一特性，我无法相信他们被欺骗了。因此，我认为在我们现在拥有的磁石之外，他们拥有一些其他种类的磁石。因为普林尼和其他人曾经深入研究了各种各样的磁石，而在这方面做得最好的是埃塞俄比亚人。尽管那时有一些磁石的吸引没有受到大蒜的妨碍，但这并不意味着所有磁石的吸引都没受到妨碍。与较热国家的古人的大蒜相比，也许我们的大蒜不是那么有效。

换句话说，罗斯很清楚，他无法通过检验来证实那种说法，然而他仍继续相信它。“严肃、可敬的作家”战胜了他自己的经验，以及与他同时代的人的经验。

在伊索寓言之一“吹牛者”（“The Braggart”）可以找到对这一问题的正确回答。一位运动员夸口说他在罗德岛演绎了最惊人的跳跃，声称他能出示证人来证明这一点。有人答道，“就把这儿当罗德岛，就在这儿跳吧”（拉丁语，*hic Rhodus,hic saltus*）。[注]名叫乔治·斯塔克（George Starke）的运动员坚持说，他不仅仅依靠证言，而且乐于接受考验，只要他的批评者指定时间和地点。结果，有人说：“*hic Rhodus,hic saltus*。”

我并不打算暗示，我们现代人与罗斯不同，只相信我们亲身体验过的东西。但是，就像德·卜德特那样，我们之所以相信一些东西（至少是与科学相关的），只是因为我们相信，它们可以被追溯至一种直接经验，或一系列直接经验，并且可以经受再检验。举个例子，如果我想让你相信大陆漂移，我会指引你去看古地磁学经典文献，然后我

们就能去做我们自己的实地测量。在其于1661年出版（1669年修订）的《生理学论文集》的方法论序言中，玻意耳列举了新知识的规则。在那里，就像我已经做的那样，他区分了两种作家。一种作家坚持他们对事实事项的直接经验，或至少坚持他们对拥有直接经验、身份确定的证人的信赖，另一种则不加批判地转述既有的传统。他说，他的策略是不引用第二种作家（举普林尼和德拉·波尔塔为例）：

我曾经以大胆、不偏不倚的好奇心，深入研究了他们的著作陈述的事实事项，从而得出结论，那些传统中有很多要么肯定是假的，要么未必是真的。除了他们就他们自己的特殊知识陈述的东西，或者有可以让我相信他们的详细情况，否则我根本不能相信我认为基础太不牢靠的东西。

这是因为，他坚持说，他不把“其他作家当裁判，而是当作证人；也不会把我发现已经被他们出版的东西仅仅当作装饰来润色我的著作，更不会把它们当作他们的权威所保证的预言来证明我的观点，而是把它们当作证明材料来证明事实事项”。

玻意耳不仅选择只相信一些可靠的作家，还表达了对剩下的作家的轻蔑，对普林尼和德拉·波尔塔之流的轻蔑：

为了出名，一些虚荣的作家以实验真相的名义，或者甚至以大奥秘的名义，擅自把这样的东西强加给轻信的世界。他们不仅从来没有努力检验它们，也没有从那些宣布自己检验过它们、可靠的人那里获取它们。在此情况下，对那些不努力避免犯错和欺骗、不在乎羞辱我们以博得虚名的作家，我觉得我们没必要尊重他们，就像尊重那些尽管错过了真理却相信自己已经发现了真理的人……

必须把无心之失与不尽心清晰地区别开来。玻意耳倡导的是训练有素、系统的对其他作家的怀疑。就努力去发现“其自身会促使我去思考的东西”而非书上说的东西而言，这是合乎逻辑的结果。

玻意耳从未讨论过大蒜和磁铁，但的确讨论过那个古老的信条，即除非先放在羊血中软化，否则不可能砸碎钻石。他不舍得用他自己的一颗钻石做实验，就从有过第一手经验的那里寻求建议：

尽管（近来被提及的）钻石硬度很高，但那种被普遍接受的传说是假的，即除非被浸在羊血里软化，否则任何外力都砸不破钻石。我发现，这种古怪的主张和钻石切割者经常的实践存在矛盾。我特别询问了其中一位。他收到过大量那种珠宝，然后将其切割以满足珠宝商和金匠的要求。他向我保证，他制了很多粉末来打磨钻石。要制粉末，只要在钢臼或铁臼里击打板钻（他们的叫法）即可。他利用这种办法，轻松地获得了几百克拉的钻石沙。

羊血可以软化钻石的说法使玻意耳觉得古怪，因为他已经避开了那种古老的感应和相克的观念框架。按照这种框架，磁石和羊血之间存在天然的感应，钻石和羊血之间存在天然的相克。但是，要消除这种观念框架，只需坚持用直接经验来反对间接经验即可。[注]

这样一种方法在我们看来就像常识，但当时却具有革命性，其结果是知识的可靠性发生了变化。在其《对古代学识和现代学识的思考》（*Reflections upon Ancient and Modern Learning*，1694）中，威廉·沃顿（William Wotton）这样说：

“*Nullius in verba*”（“不要把别人的话照单全收”，即不要屈从于权威）[注]不仅是皇家学会的座右铭，而且是当代哲学家公认的一个原则。因此，一旦有新发现得到检验、获得认可，我们就比以往更有理由默认它们……所以，无论它以前可能是什么，也会在这个时代的普遍认可里……尤其是在对被认可的东西进行长期的检验后，成为一种几乎绝对可靠的真理标志。

在这里，我们再次遭遇了一个使新科学成为可能的条件。我能够把大蒜使磁铁失效这一伪事实的毁灭追溯至德拉·波尔塔的直接经验。

我之所以能这么做，是因为我手上有几本关键的书籍。我了解加佐尼，因为他的小册子终于付梓了。在手稿文化里，基于经验的主张无法被以这种方式追溯。普鲁塔克无法超越对他而言足够安全的“我们”而追溯下去，无法指向任何直接的经验。通过改善对信息的接触，印刷书籍使确立、反驳事实容易多了。在短短数年时间里，德拉·波尔塔的个人经验就开始被全体受过教育的欧洲人共享。正如沃顿在1694年所说：“印刷已经使学识变得廉价、容易获得。”也许乍看之下显得奇怪，但正是印刷机使目击报告得以享有超越其他一切的特权。印刷机之所以能做到这一点，只不过是因为它使人们获得了一系列数量多得多的、可供选择的报告。

在阅读德拉·波尔塔的书时，我们看到的是一个转变的时刻。这种转变不仅是从古代信条向现代信条的转变，也是从手稿文化向印刷文化的转变。在手稿文化中，经验是模棱两可的、间接的、杂乱的（在这种文化里，德拉·波尔塔那样的骗子可以希望以各种乌七八糟的主张开始行骗。等他死了，他会留下一部手稿。在手稿中，他声称发明了望远镜）。在印刷文化中，经验是具体的、直接的、有文件为证的、可恢复的，可以把权威的法院（罗马法或普通法）标准应用于任何东西。与印刷文化比较，手稿文化是一种传闻和八卦文化。印刷机代表了一种信息革命，确保事实成了其结果。

加佐尼的文本建议检验大蒜和磁铁。直到2005年，该文本仅存在手稿形式。不过，加佐尼之所以写这个文本，似乎是想出版，因为他决定向“一些基于不可靠、不可信的根据的虚假传言、观点”宣战。不幸的是，他虽然在毁灭大蒜和磁铁之间所谓的不相容上取得了成功，但这一成功被淹没在了历史之中，直到最近才显现出来。在学识的世界里确立了新事实的是德拉·波尔塔，而非加佐尼。

然而，单单印刷机不足以解释目击证言现在被赋予的那种独一无二的权威。在后哥伦布、后伽利略的世界中，没有人能仅仅依靠目击

者的证明来反驳重要的发现。正如我们在第三章里看到的那样，发现概念也有赖于那种观念，即存在和以往的经验不同的新经验。此外，很多发现是由社会地位不高的人做出的，如哥伦布本人，或发现了罗盘磁差的卡博特。于是，我们突然发现，海员和珠宝商被请求解决哲学家和绅士之间的争端。培根清楚地看到，这是新哲学必须采取的方向。但是，革命是漫长且缓慢的。如果加佐尼标志着它在16世纪70或80年代的开端，那么无论是17世纪40年代的布朗，还是17世纪60年代的玻意耳，都并不标志着其终结。在我们看来，目击者的优越地位似乎是显而易见的。但是，对我们来说，这场伟大的革命似乎已经不那么明显了。我们几乎不可能设想我们会生活在一个从不真实、总是想象的世界，生活在一个大蒜使磁石失去效力、羊血软化钻石的世界。

4

开普勒提出过很多事实，德拉·波尔塔提出过一两个事实，但这些都不是现代意义上的“事实”一词。这个词来自哪里呢？1778年，戈特霍尔德·莱辛（Gotthold Lessing）就意为“事实”的德语词“*Tatsache*”写了一篇小论文。他说：“这个词依然年轻，我清晰地记得还没有人用过它的那个时代。”但是，至少在英语、法语和意大利语中，那个词并不新。它的来源是拉丁语单词“*facio*”，即“我做”。“*Factum*”是其中性过去分词，意思是“已经被做的东西”。在整个欧洲，只要是罗马法的影响可以被感受到的地方，罗马法自身就与“*factum*”有关，也就是与行为和罪行有关。于是，“该隐的事实”是对亚伯的杀害。在莎士比亚的《皆大欢喜》（*All’s Well that Ends Well*）中，海伦娜（Helena）说：

> 让我们分析一下我们的阴谋；如果它成功，
>
> 那么它在一种合法的行为中意味着邪恶，
>
> 在一种合法的行动中意味着合法，

不是罪，却是一种有罪的事实：

这里对词语的玩弄依赖于“事实”既是“契约”和“行为”的同义词，也是一个被明确用于不合法的行为和行动的词。当我们谈论“一个事实后的同谋”（在罪犯犯下罪行后帮助罪犯的人）时，我们仍在使用这种（现在有些过时的）语言。

在英国，陪审团是裁断事实（乔杀了汤姆吗？陪审团决定乔是否做了那种行为）的裁判者，法官的权威性体现在法律问题上。（在何种情况下，一个人可以在自卫中杀死另一个人？这份文件是被正确起草的吗？）你可以就法官对法律的解释、对陪审团的指导提起上诉，但不能就陪审团对事实做出的裁断提起上诉。应该强调的是，这种法律上的事实概念根本不是自然形成的，而是13世纪的一种建构。当时，为了替代神裁法审判，陪审团被引入了。但是，这意味着，事实在英国法律中具有特殊地位，因为一旦事实被裁定，就永远不能被反驳。因此，现代用法中的“事实”一词的特点是，事实（与理论不同）总是真实的。正如事实是绝对可靠的，因为陪审团裁定了事实，且它们被认为是绝对可靠的（或至少是无法纠正的和不容置疑的，意思一样）。

在拉丁语的“*factum*”和现代英语的“fact”（事实）之间，存在一种必须跨越的障碍。“*factum*”需要行动者，事实不需要。那种障碍在原则上是清晰的，但在实践上却存在不可避免的模糊性。培根（卒于1626年）曾经就作用于身体的想象力写过一本书，该书在其死后出版。在写作该书时，他坚持认为，“弄错事实或结果，并匆忙把没有被做过的事当作做过的事情”是不对的。巫婆就是如此，经常声称自己让一些事件发生了，而这些事件无论如何都会发生。这里的事实依然是一种行动或行为［不过，约翰逊博士的1755年《词典》（*Dictionary*）引用了培根的话，说法却不同］。1651年，当诺亚·比格斯（Noah Biggs）描述向日葵如何跟着太阳转时，他把它称作一个“事实事项”，

也把它称作一件“已经被做的事”。他把向日葵当作了行动者，带着他所谓的本能。他在拓展那种旧式的事实拥有行动者的常规，但没有打破它。一年后，同样的事情发生了。当时，曾为查理一世做过专属牧师的亚历山大·罗斯探讨了一个古老的故事。那是阿威罗伊讲的一个故事，遭到了托马斯·布朗的驳斥。故事说，一个女人在一个男人曾经洗过澡的水体里洗澡，结果怀孕了。罗斯认为，一种子宫和精液间的本能吸引也许起了作用。在探讨并不完全算作行动的历史事件中，就像在这里一样，第二种模糊性发生了。历史被认为与事实有关，与人们做过的事有关。在其1641年9月1日的日记中，当时在荷兰的约翰·伊夫林（John Evelyn）记录了一次参观。他“去看了一个女人的纪念碑。她假装声称曾是荷兰的一位女伯爵，并报告说曾一次生下了和一年的天数一样多的孩子。在莱斯丹教堂里，孩子们受洗的盆被悬挂了起来。在一个雕刻框子里，还有对那一事实事项的长篇描述。莱斯丹教堂是一个荒凉的地方”。尽管出生并不完全是行动，但它们很容易溜进历史事实的领域。

事实的语言是在何时、何地被发明的呢？只是到了最近，历史学家才认为，对这一问题来说，有一个简单答案。弗朗西斯·培根发明了事实。从培根开始，事实进入了英语之中，被皇家学会采用。于是，历史学家开始著文探讨“培根的事实”。英国哲学一直被认为特别经验主义。由于这个原因，英国似乎创造、发明了事实文化。[注]

不幸的是，这一故事完全没用。最重要的是，“fact”不是英语。伽利略和与他通信的人愉快地讨论事实，但有些意大利语用法要早得多，早至16世纪70年代。根据已确立的学术成果，法国人仅在17世纪60年代才发现了那个新词。然而，蒙田用“*faict*”来指事实不超过5次，其中一次时间为1580年（在他去意大利旅行之前），剩下的时间为1588年［它们出现在三篇重要文章里，分别是“论遗憾”（“On Regret”）、“论经验”（“On Experience”）、“论瘸子”（“On the Lame”）］。值得注意的是，第一个把蒙田著作翻译成英语的弗洛里

奥（Florio）觉得，在这五种情况中，其中三个他可以延伸英语词“fact”来涵盖蒙田的“*faict*”的含义，但另两个他做不到。[注]与之相似的是，蒙田的弟子沙朗（Charron）在《智慧》（*De la sagesse*）中两次使用“*faict*”来指“事实”。但是，萨姆森·伦纳德（Samson Lennard）的1608年英语译本觉得，这两种情况都不能用英语词“fact”来翻译。我们可以确定的是，不仅仅蒙田和沙朗是这样，让·尼科特（Jean Nicot）于1606年出版的《古今法语理论》（*Thresor de la langue françoyse,tant ancienne que moderne*）也包含了两个在现代含义中被运用的名词“*fait*”的例子。“*articuler faits nouveaux*”可以指新行为或新东西，“the facts”可以是支撑一种观点的很一般的东西。

“fact”一词也不是培根的。培根从来没有在出版的英语文本中使用过具有现代含义的这个词。他在出版过的文本中倒是用过三四次“*factum*”，但于1620年出版的重要文本《新工具论》没有被及时翻译成英语，因而没有产生任何影响。培根（或就此而言，弗洛里奥）没能把“fact”一词引入日常英语。这一点清晰地表现在布朗没有使用表示客观意义的这个词，而布朗显然熟悉蒙田和培根的著作，喜爱拉丁语，并显然需要［“*pibbles*”（小圆石）之外的］一个词来描述他的战争武器。就布朗而言，他需要的那个词并不存在。

5

就把“fact”一词引入英语的第一人而言，认为是托马斯·霍布斯的看法要比认为是培根的看法牢靠得多。在其写作于1640年的《法律、自然、政治要素》（*Elements of Law,Natural and Politic*）第一部分［但直到1650年才出版，并且被命名为“人性”（*Humane*[注]*Nature*）］中，霍布斯探讨了事实。[注]霍布斯曾经担任培根的秘书，但他也（根据奥布里（Aubrey）的说法］认识伽利略，并且无疑钦佩伽利略。他之所以使用“fact”一词，可能是受了他们中的一个的影响，也可能是受了他们两人的影响。霍布斯在他的朋友中传播了《法律、自然、政治

要素》，因此那个词以现代含义第一次在英语出版物中出现是在他的朋友凯内尔姆·迪格比（Kenelm Digby）撰写的一本书中。由于迪格比既是新教徒也是天主教徒，既是亚里士多德派的门徒也是原子论者，既是忠诚的保王党人也是克伦威尔的朋友，因此这本书充满了矛盾。迪格比论灵魂不朽的著作于1644年在巴黎出版。在这本书中，他认为，女人在性交中的幻想有可能影响到她们的孩子的长相。因此，如果你把你的情人想成一只熊，你也许会生出一个多毛的婴儿。他说，我们可以在不知道原因的情况下，确定"事实的真实性"。

接着，在1649年，扬·巴普蒂斯塔·范·海耳蒙特撰写的关于武器药膏（一种疗伤的软膏，但不被用在身体上，而是用在武器上）的著作的一个译本出版了。这部著作首次以拉丁语于1621年出版，此时被迪格比的朋友沃尔特·查理顿翻译了过来，还配有长篇介绍。查理顿很清楚他对"fact"一词的使用不同寻常。在第一次介绍它（在序言中）时，他用拉丁语短语"*de facto*"来解释它。第二次，他则用了希腊语单词"*hoti*"。(注)

在霍布斯的朋友的这些著作之后，霍布斯的《人性》（《法律、自然、政治要素》的第一部分）于1650年出版。在这里，霍布斯区分了两种知识。一种是科学，与思想之间的关系有关，就像休谟后来所说的那样。另一种是霍布斯所谓的审慎，与事实相关。此外，霍布斯在其他方面（除了他对"facts"一词的创新运用）坚持用一种旧式的词汇，如关于事实的知识源自证言和迹象（我们会把他称作证据；我们已经看到德拉·波尔塔著作的英语译本将其称作"印迹"，就像在爪子的印迹中那样），而概念的知识则伴着他所谓的证据（我们会将其称作理解）。接着出现的是霍布斯的《利维坦》（*Leviathan*，1651）。这部书在巴黎写就，却在英国出版。这本书被广泛阅读，影响深远，但很少有思想家愿意承认受益于它，因为它被普遍认为宣扬了邪恶的无神论。在那里，我们被告知，有历史事实（男人和女人的行动），它是民间历史的主题；有自然事实，它是自然历史的主题。这在英语中

还是第一次。[注]同样的词还出现在他于1654年出版的《论自由和必然性》（*Of Libertie and Necessitie*），因为对霍布斯来说，不始终如一就一无是处。

除了这三个作者，在1658年之前的英语出版物中，我只能发现发现一处模糊的对“fact”一词的运用。这一处在一部名为“现代国家的人”（*The Modern States-Man*）的著作中。该著作出版于1653年，作者是G.W.。不幸的是，我们完全没有信心确定G.W.是谁。但是，他很可能一直在阅读霍布斯的著作。我们前面已经讨论过诺亚·比格斯和亚历山大·罗斯的模糊使用，它们也是在霍布斯的《人性》出版之后。那么，霍布斯、迪格比和查理顿这三位友人是从哪里获得事实的思想的呢？我怀疑，正确的答案可能是，它来自几个地方。正如我们已经看到的那样，霍布斯既认识培根，也认识伽利略。迪格比在法国著述，但他也像意大利人那样说意大利语。当然，单单这一点并不是使用那个新词的充分条件，否则我们就会在威廉·亨利和托马斯·布朗的文本中找到它了，因为他们两人都是在帕多瓦接受的教育。霍布斯、迪格比和查理顿这三个人阅读的东西有很多是相同的，其中肯定包括蒙田、伽利略和培根的著作。但是，有一个来源是我们无法怀疑的，即查理顿的拉丁语来源范·海耳蒙特。海耳蒙特用“*factum*”来表示“事实”的意思（当然，查理顿不仅仅是在翻译范·海耳蒙特的拉丁语文本时使用“fact”，在用他自己的声音说话时也是如此）。

截至目前，我们了解到的情况是，意大利语、法语、拉丁语中有事实早于英语中有事实；在把“fact”一词引入英语这一问题上，扮演关键角色的是霍布斯，而非培根。这里存在一种有趣的嘲讽，因为霍布斯认为事实性知识是一种真正劣等的知识，科学仅仅包含演绎的知识。霍布斯的思考简单明了，因为我们或许把事实界定为必然是真的，并且说被误当作事实的东西根本就不是事实，可错误是经常出现的，被假定的事实往往不是事实。此外，当我们从事实中得出结论时，我们往往误入歧途，因为我们已经误解了它们的意义。霍布斯甚

至概述了后来成了归纳法典型问题的东西，为的是证明源自事实的观点的局限。其一是休谟的问题，即不能仅仅因为太阳到目前为止每天都升起，就断定它明天也升起；其二是波普尔的问题，即不能仅仅因为你看到的天鹅都是白的，就断定没有黑天鹅（说真的，的确有，在澳大利亚）。霍布斯是第一位严肃的事实哲学家。他理解事实，但不相信事实。

1662年，随着《皇家港口的逻辑》（*The Logic of Port-Royal*）的出版，对事实哲学的另一重要贡献出现了。这部著作的最后四章显然写于1660年后，并且很可能是安东尼·阿尔诺（Antoine Arnauld）写的。它们首次概括了现代概率论，也首次在法语中对事实概念进行了延伸讨论，因为事实在这里被界定为偶发事件，而偶发事件多少是或然的。因此，如果“圣诞节下雪了”是一种关于新斯科舍的悉尼的陈述，那么它就完全可信，但如果它是关于新南威尔士的悉尼的陈述，它就可疑了。阿尔诺是从哪里获得了他的事实思想的呢？不是来自霍布斯，因为当时他在这一主题上的关键讨论还仅存在于英语之中。阿尔诺对事实的痴迷源于一场大辩论，即詹森主义是不是异端。阿尔诺是其中的主要人物。1653年后，这场辩论转移到了另外一个问题上，即被教皇谴责为异端的詹森主义的五种主张是否可以在詹森的《奥古斯丁派》（*Augustinus*）中被找到。阿尔诺认为，教皇在法律问题上拥有权威，但在事实问题上不拥有权威。在关键的事实问题上，即那本书中是否包含那些主张（它是一个事实问题，而非行为问题，因为詹森几乎不可能故意在他的书中放入那些尚未得到系统表述的主张），教皇的确错了。此外，人们依然能够捍卫得到适当解释的奥古斯丁的教导，同时接受教皇谴责那五种主张的权威。在这场辩论的过程中，有蒙田的例子可循，阿尔诺重新发明了事实的思想。注

遵循阿尔诺的例子，布莱兹·帕斯卡尔于1657年出版了他自己为詹森主义辩护的著作。他是在躲避当局的过程中写这本著作的，并且以化名路易斯·德·蒙塔特（Louis de Montalte）出版。这部著作名为“外省

书信”（*Provincial Letters*），最初是一封接一封地非法出版的，其中频繁使用了指代现代含义的“事实”的那个词。(注)它们极其滑稽，针对耶稣会士，令耶稣会士不知所措。这个文本很快就被翻译成了英语，于1657年首次出版，然后于1658年扩充后再版。保王派牧师亨利·哈蒙德（Henry Hammond）组织了对它的翻译，但它却引起了皇家学会成员的注意。约翰·伊夫林翻译了续篇《耶稣会教义之谜之另一部分》（*Another Part of the Mystery of Jesuitism*），它出版于1664年。在《外省书信》中，“fact”一词，尤其是“matter（s）of fact”这一短语，一再出现，达数十次之多。“Matters of fact”与法律事项和信仰事项相对，成了一种知识口号和强大的政治武器。帕斯卡尔从未在其科学著作中使用现代含义的“fact”一词，但此时（即使他的英语读者根本不可能知道路易斯·德·蒙塔特的真实身份）他赋予了它尊严，使它在对公认观点的攻击或与既定权威的争辩中，成了一个不可或缺的词。

6

这使我们的主要故事复杂化了，而我们的主要故事是事实思想在英国的传播。截至目前，用流行病学家的话说，我的观点是，首个病例是霍布斯的《法律、自然、政治要素》手稿的传播，“事实”一词首先从那里传播到了霍布斯的朋友中，然后传播范围稍微扩大了一些。但是，如果我们审视一下1658年的英格兰，也就是克伦威尔死去的那一年，事实当时刚刚在英语中得以确立。但是，这不能归功于霍布斯的朋友，而是要归功于帕斯卡尔。也是在1658年，在一个首先以法语出版、然后很快被翻译成英语的文本中，凯内尔姆·迪格比爵士重新回到了武器药膏的问题，清晰界定了那种新用法：

事实上，存在的界定、事情的真相取决于我们的感官让我们做出的报告。这是由那种性质决定的，因为对那些目睹了效果、亲身经历并认真考察了一切必要事项、后来确信那种东西中不存在欺诈的人来说，他们根本不怀疑那是真正、真实的。但是，对那些没有目睹过这

样的经历的人来说，他们应该查询相关叙述，求助于这方面的权威，即那些目睹过这样的东西的人。

迪格比模仿霍布斯或帕斯卡尔了吗？我们看不出来。

最初，武器药膏是一种为了治愈某武器造成的伤口而涂抹于该武器上的油膏。一种配方包含熊脂肪、野猪脂肪、研成粉末的木乃伊（就像埃及的木乃伊那样），以及在头盖骨上长大的苔藓。德拉波尔塔开列的配方说："取两盎司生长在未埋葬的死人头盖骨上的苔藓，两盎司人脂肪，半盎司木乃伊粉，半盎司人血，一盎司亚麻籽油，一盎司松脂，一盎司红褐色武器划痕，把它们全部放在一个臼里搞碎，并保存在一个长而直的玻璃管里。"值得注意的是，范·海耳蒙特却激起了他的宗教狂热分子同人耶稣会士的怒火，因为他暗示，耶稣会士的头盖骨是最有效的。他敌视耶稣会士，因为他们毫不费力就说服人们相信他们的奇迹，而他的科学事实却遭到了怀疑。迪格比鼓吹的是一种简单得多的化学粉末。它可以溶解于水，携带方便，装进瓶子即可。

由于武器药膏涉及超距作用，它就违背了亚里士多德物理学的一个基本原则，即行动需要接触。范·海耳蒙特、查理顿、迪格比辩称，这对有效治疗而言不是障碍。他们想把武器药膏重新描述为"磁性的"，因为磁铁提供了超距作用的一个范例。他们的基本主张是，尽管一些人辩称这样的例子是不可思议的或有魔力的，但它们实际上极其容易被复制。正如查理顿在1649年写道，他别无选择，只能相信：

直到我的怀疑可以获准变得如此傲慢，以至于冒犯我自己的感官的证据，质疑一些关系的真实性。要知道，这些关系的创造者的诚实有目共睹，他们每个人的证言都会让我非相信不可，等于最可靠的证明。在我做的其他很多实验中，我将只挑选并讲一个，也就是最充分、最相关的……

他接着转述了一个实验。在实验中，一位持怀疑态度的神职人员用了那种药膏。他想以此证明，根本不存在欺骗或魔鬼卷入。武器药膏就这样被带入了实验科学的范畴，古怪的事实于是被自然化了。事实上，事实知识的思想最初之所以被提倡，并不是像某些人曾认为的那样，是为了帮助解释玻意耳的真空泵实验，而是为了说服对武器药膏的功效持怀疑态度的人。这太具有嘲讽意味了。㊟

到了1654年，查理顿（我们在探讨对范·海耳蒙特的著作的翻译时就结识了他）已经变成了一个傲慢的怀疑论者。他宣布，他在武器药膏上已经改变了看法。他对它有三点异议。其一，支撑它的理论前后不一致（为什么那种药膏不能治愈它附近的任何伤口？）。其二，说它管用的主张需要得到检验，应该把一群接受武器药膏治疗的人和另外一群没有接受的人加以比较，以确定它比根本不治疗更管用。其三，他现在怀疑它无论如何都有效是一种错觉，因为它貌似有效的情况被广泛报道，而其无效则消失在了遗忘之中：

那些（关于其成功的）的故事也许有很多是令人难以置信的。如果把不成功的实验案例加以总结并与成功的案例加以比较，那么它们无疑会大大超越那些成功的案例，并很快改变人们的想法，使他们即使不怀疑它们的发明者和顾客存在欺诈，也至少出了错误。

以前让他信服的事实现在看上去不过是偶然事件。争议中的原则很简单，即如果自然事实要被完全当作事实，那么它们就必须是可复现、复制的。在这里，我们可以具体而微地看到，事实究竟怎样与证据、概率问题密不可分。当然，由于复制成了检验标准，一度显得牢固可靠的历史事实开始逐渐显得脆弱、单薄了。

在帕斯卡尔的《耶稣会教义之谜》（*Mystery of Jesuitisme*，1657）和迪格比关于他所谓的感应粉末的《近期对话》（*Late Discourse*，1658）出版五年后，新含义上的“fact”一词十分迅速地被归

化进了英语之中。英语中的这个时刻类似于100年后莱辛在德语中经历的那场革命。迪格比的《近期对话》取得了非凡成功，共出版了29版，可能对此贡献良多。使用那个词的例子在1658年前太少，间隔太久，让人完全有理由怀疑，它仅在一种比喻和延伸意义上或作为一种个人言语，存在于英语之中。在1663年后，事实无所不在。在德国，事实文化于18世纪70年代被创造出来。在英国和法国，它出现在17世纪60年代初。

在英国，事实不仅在语言上变得平常，就是在制度上也牢固树立了起来，因为皇家学会的正式目标是确立新的事实。根据他们的1663年章程：

在所有被带进协会的实验报告中，事实事项不应该仅仅被陈述，还应该有序言、辩解词、符合修辞的辞藻，并按照协会指令录入登记簿。就这些实验中的现象的原因，如果任何会员觉得适合提出任何推测，也需要个别地按照相同的做法去做，并录入登记簿，如果协会要求相关录入的话。

事实和解释的根本区别可以追溯至蒙田，甚至更早。在这里，这一区别被重申了一下。当皇家学会把“不要把别人的话照单全收”采用为座右铭时，它不是致力于对事实（被提炼成话语的经验）的怀疑，而是致力于对造成天性易变现象的原因的推测。这些推测曾经是经院自然哲学的核心事业。学会将不再遵从权威的话语，而是坚持事实。“不要把别人的话照单全收”暗示，事实不是话语，而是被捕获在语言之网中的事物，就像网状鱼笼中的鱼。于是，当斯普拉特撰写《皇家学会史》时，事实被赋予了核心角色。斯普拉特于1663年开始撰写《皇家学会史》，当时学会创立仅三年，因而“皇家学会史”这个名称具有误导性。《皇家学会史》于1667年出版。斯普拉特坚持，事实事项必然永远胜过权威，无论权威有多古老；事实是协会唯一的关注点，“他们只在事实事项中开展工作”。

事实是怎样进入英语知识分子生活的主流的呢？首先需要指出的是，并非每个人都迅速接受了它。举个例子，在胡克的《显微图》和牛顿的《光学》（二者都依赖“观测”这个词）中，不存在事实。也许更令人惊奇的是，罗伯特·玻意耳于1660年出版的《新实验》中也没有事实，只有现象。《新实验》是他撰写的关于空气泵实验的首部报告。在《利维坦与空气泵》中，斯蒂芬·沙宾和西蒙·谢弗主张，事实的生产处在玻意耳的实验方法的核心，空气泵是一种创造事实事项的机器。但是，在《新实验》中，情况并非如此。玻意耳已经熟悉现代用法的英语单词“fact”。1659年，在一部关于解剖标本保存的短篇著作的前言信中，他已经使用了它（在那一年晚些时候，他的妹妹在一封信中也使用了它）。接下来，在于1661年出版的《怀疑的化学家》（*Sceptical Chymist*），他使用了它三次；在同年出版的《生理学论文集》中，他使用了它八次（两个文本都是在出版前不久写就的）。最后，在其于1662年出版的《对其新实验的辩护》（*Defence of his New Experiments*）里，它出现在他的真空实验的语境中。这暗示，玻意耳花了一段时间，才认为“fact”是一个正当的词，可以在和经院哲学家、笛卡儿学派交锋时，被运用于自然哲学之中。举个例子，在撰述其真空实验（我们将在下一章中讨论）中，他的伟大前辈帕斯卡尔没有使用这个词。《怀疑的化学家》和《生理学论文集》深受范·海耳蒙特的影响。这一新术语跨越帕拉塞尔苏斯（Paracelsus）的追随者、化学医学家探讨的主题，进入数学家探讨的主题，花了一些时间。乍看起来，玻意耳最初似乎想保持其智力生活的这两个方面，把它们不同的词汇分开。但是，那个词迅速变得时髦了。到1662年，他再也无法抗拒它了。

7

是什么让“事实”一词在英语中、哲学中变得正当了呢？标准的观点是，“事实”在17世纪60年代变得重要了，因为它代表着一种结束（或回避）争论的方式；在一个被内战撕裂的社会里，自然哲学家急

于找到一种达成一致的途径，结束争议。我确信这一观点是正确的。当然，在其《教条化的自负》（*The Vanity of Dogmatizing*，1661）中，约瑟夫·格兰维尔坚持认为，新哲学将终结争议，这是它的一个重要优点。不过，正如我们已经看到的那样，在法国，“事实”一词非但没有终结在詹森主义上的争议，反而火上浇油。“事实”既可以解决争端，也可以引发争端。霍布斯被留在了皇家学会之外（至于其原因，不乏相关文献），但迪格比、查理顿和玻意耳都是首批会员，且都读过范·海耳蒙特的著作。一个简单的解释是，“事实”一词之所以获得了重要地位，是他们影响的结果。假如创始会员稍有不同，那么科学家就可能仍在讨论“现象”，而非“事实”；“事实”也有可能仅在18世纪才进入英语，就像它进入德语那样。

但是，如果霍布斯被排斥在皇家学会之外，“事实”一词是否也会受到排斥呢？难道它不是一个与霍布斯联系密切的词吗？难道它不是与迪格比讲述的关于交感魔法的可疑故事联系密切、危险的词吗？另外一个早期会员约翰·伊夫林曾认为迪格比是个彻头彻尾的江湖骗子，可以将其开除。关于这一点，简单的答案可能是，皇家学会的成员了解培根对拉丁语里的那个词的使用。然而，没有迹象、没有哪怕最微不足道的证据显示，他们曾受到了这一点的触动。不仅如此，斯普拉特还特地批评了培根对证据问题的处理方法，认为它批判力度不够。培根不是他们的典范。

“事实”一词之所以突然变得正当，还有一个可能的原因。1661年年末，多切斯特侯爵（Marquis of Dorchester）的图书管理员托马斯·索尔兹伯里（Thomas Salusbury）出版了他的《数学和译文集》（*Mathematical Collections and Translations*）第一卷，其中包括伽利略的《关于两大世界体系的对话》的第一个英语译本、《两种新科学》、《致洛林的克里斯蒂娜的信》。这部书比较罕见，可能读者不多，但即使为数不多的读者，也会发现“事实”一词在索尔兹伯里的译本中频繁出现，尤其是在《致洛林的克里斯蒂娜的信》的译文中。那

一年较早时候，约瑟夫·格兰维尔出版了他的《教条化的自负》。在这本书中，他批评了霍布斯，但称赞了迪格比。他对迪格比的称赞发生在接受迪格比对“事实事项”这个短语的使用的过程中。他还从伽利略的《两种新科学》那里接受了伽利略关于车轮运动的悖论，总结了伽利略支持地球运动的观点，敦促感兴趣的读者亲自阅读《关于两大世界体系的对话》。由于《关于两大世界体系的对话》的拉丁语版本极其难以获得，且被真正的收藏家视作珍本，格兰维尔可能知道英语译本即将面世，甚至有可能见过索尔兹伯里的译文。有可能是伽利略，通过索尔兹伯里的译文，使迪格比的用法变得正当了。

就像格兰维尔那样，皇家学会的成员自然对伽利略感兴趣。在其于1654年出版的对伊壁鸠鲁哲学的辩护著作《伊壁鸠鲁—贾森多—查理顿的自然哲学》（*Physiologia Epicuro-Gassendo-Charletoniana*）中，查理顿广泛引用了伽利略的著作。玻意耳渴望证明磨光的大理石板会在真空中黏在一起，因为伽利略也曾这样说过。伊夫林曾记录了一个建议，该建议希望学会的会徽被设计成一对交叉的望远镜，望远镜上面再放上美第奇行星。约翰·威尔金斯撰写了两部著作，主张月亮与地球相似，地球是一颗行星。他最初和亨利·奥尔登堡（Henry Oldenburg）共同担任了学会秘书。正是威尔金斯指导了斯普拉特的《皇家学会史》的撰写。在《皇家学会史》里，伽利略的发现得到了详细转述。注

因此，索尔兹伯里的《数学和译文集》也许对“事实”一词的成功至关重要。它把“事实”从霍布斯和范·海耳蒙特、武器药膏和交感粉末、毛孩和处女生育那里拯救了出来。它还把“事实”从帕斯卡尔和宗教争端那里拯救了出来。它使“事实”变得正当了。因此，就“我们应该把英语里的‘事实’归功于谁”的问题而言，答案或许应该归功于蒙田、伽利略、培根和范·海耳蒙特（尽管他们是以法语、意大利语、拉丁语撰述的），肯定要归功于霍布斯、迪格比、查理顿，显然要归功于帕斯卡尔，最后或许要归功于伽利略的译者索尔兹伯里。当皇家学会将

那个词写入章程时，它采用的正是这种复杂而模糊的遗产。玻意耳究竟在这整个过程扮演了什么角色呢？就像迪格比和查理顿，他是范·海耳蒙特的读者，因此他自然熟悉“事实”一词。他一直等到它变得正当，才将其应用拓展到了新的领域。在这方面，他似乎是追随者，而非领导者。

因此，现代含义中的“事实”只是在1661年后才变得正当，而它在法语中最初专门和詹森主义联系在一起。要不是在适当时间身处适当地方的迪格比和查理顿，要不是对帕斯卡尔著作的迅速翻译，要不是索尔兹伯里对伽利略的翻译，事实文化可能还要在英国阙如数百年，英国人并不注定要比德国人早100年痴迷于事实文化。因此，要不是因为奥古斯丁派而引发的争议，法国人可能也会继续停留在证据和信条、演绎和经验、真理和见解的旧世界中。不仅如此，如果没有事实，那种新知识以证据而非权威为基础的新观念可能只会获得某种不一致、不可靠的支持，就像我们看到的它从德拉·波尔塔那里获得的支持一样。

但是，词是一回事，概念是另一回事。关于确立和反驳事实，“事实”一词告诉我们的东西少之又少。在天文学中，这是真实情况。但是，在其他所有科学探索领域，那个词巩固了一场概念革命。

按照文艺复兴时期教育的标准原则，论据基本上有两种，一种是来自推理的论据，另一种是来自权威的论据。“权威”的总标题下聚集了各种论据，其中包括来自“惯例，舆论，古代，精于其艺术的人的证言，聪明人、众人、最好的人的判断”的论据。因此，1651年，当帕斯卡尔为其未完成的真空专著起草引言时，他一开始就区分了两种知识源，即推理和权威。我们是如何知道历史上的法国列王的呢？我们是从权威那里知道的，记录性证言被列入了权威一类。然后，他突然凭空引入感觉经验，来充当推理的助手（当然，一些作家已经把感觉列入了权威一类）。因此，要判定真空是否存在，不应该诉诸权威，而

应该以感觉经验和推理为基础。帕斯卡尔自己对其实验结果的证言应该被列入哪一类呢？他没说。我们发现布朗也正好存在同样的困惑。他想攻击权威，于是自然诉诸推理来反对权威。但是，其结果是，他觉得有责任坚持，作为一种权威形式，证言仅在非常有限的情况下才是相关的。他仿佛从来没有想到，他的全部论据到最后都是来自证言的论据。

在霍布斯那里，这一模式得到了彻底改造。对他来说，只存在两种知识源，一是推理，二是感觉经验、记忆和证言。确立了事实事项的，是后者。在这一模式中，惯例、舆论、古代或聪明人的判断无立锥之地。但是，证言的地位很清晰，它就像记忆那样，代表着一种替代形式的即时感觉经验。霍布斯不会说，我们从权威那里获取了我们对法国列王的知识；他会说，我们直接从证言中获取，最终从感觉经验中获取。

“事实”一词象征着这种被赋予证言的新地位。每个人都明白证言是从法庭那里引入的，同时被引入的还有一套已经确立的标准，以判断证言的可靠性。这些标准并非专门适用于某种法律体系，而是在整个欧洲都被普遍认可。布朗轻视证言，认为它仅与道德、修辞、法律、历史有关，与自然哲学无关，但他依然这样总结那一基本原则，“无论是在世俗法律还是神圣法律中，唯一受到尊重的法律证言要获得至少出自两个证人之口的话语的支撑。这样做不仅是为了防止诽谤，也是为了保证不出差错”。他的问题是，如果把证言引入自然哲学，那么就必须接受他所谓的“聚合证言”。换句话说，就必须接受那些不过说出了每个人相信是实情的东西的人的非直接经验。他无法想象把字母共和国变成一个庞大的法庭。

于是，在事实的发明之前，对证言的求助被视为对权威的求助（当然，迪格比在1658年著述时，已经把目击证人视为权威）。我们也许会说，证人被认为是人格证人，而非目击证人。在事实之后，目

击证人证言成了一种虚拟见证，玻意耳坚持的观点也是如此。他认为，他不应该请求“其他作家来当裁判，而应该请求证人”。用格兰维尔的话说，随着证言与权威区别开来，以前被认为是权威的东西完全成了“旧的、无用的行李”。斯普拉特甚至更直言不讳，摆脱古人的专制仅涉及扔掉他所谓的“垃圾”。

在事实的发明之后，可以用一种系统化的不信任来分析证言。到了最后，所有知识体系都要求你相信某人、某物或某种程序。但是，要强调信任在新科学中不容置疑的角色，就要冒错过藏在水下的冰山大部的危险。玻意耳自称值得信任，因为他已经懂得不信任这个世界上的德拉·波尔塔之流，希望教会他人以他在阅读德拉·波尔塔的著作中所持的怀疑精神，来阅读他自己的著作。到了最后，与此前已经消失的东西相比，新科学是以不信任为基础的，而非基于信任。

8

应该显而易见的是，在我们已经审视的所谓事实（例如武器药膏）中，有很多相当古怪，且总是显得古怪。有“存在问题的真实性”的情况，也有“不存在问题的真实性”的情况，而事实的语言似乎最初被全部用于处理存在问题的真实性的情况。洛兰·达斯顿（Lorraine Daston）已经区分了她所谓的“奇怪的事实”和“普通的事实”。她辩称，奇怪的事实先来，普通的事实后至。最初有连体双胞胎、两性人、多毛婴儿和处女生育，然后才有玻意耳的空气泵。她主张，在英国，普通的事实取代奇怪的事实要比法国早得多。换句话说，事实变得有序化和规则化了。

我想提出另外一种看法，即奇怪的事实往往是野心勃勃的普通事实。正如在1626年，在提及西蒙·斯蒂文的格言“奇迹就是没有奇迹”时，艾萨克·比克曼（Isaac Beeckman，他因为把笛卡儿引向微粒哲学而闻名）所说的那样：

在哲学中，你必须永远从奇迹走向没有奇迹。就是说，你应该继续你的考察，直到我们认为奇怪的东西在我们眼里再也不显得奇怪了。但是，在神学中，你必须从没有奇迹走向奇迹。就是说，你必须研究《圣经》，直到我们不觉得奇怪的东西的确显得奇怪，一切都显得奇妙。

这种自然与超自然之间的二元区分在我们看来简单明了，但它在事实中却具有革命性，因为它暗示着一种领域已被废除。这一领域以前被认为居于自然和超自然之间，是难以解释的领域，是幽灵和巫婆、奇人和怪物的领域。

当然，困难在于怎样、何时区分哲学和神学。当《皇家港口的逻辑》描述那些太容易相信奇迹的人时，它勾勒了有可能出错的情况。它说，他们吞下了一种奇怪的事实（*ce commencement d’étrangeté*）。当他们遭到反对时，就改变了他们的故事来迎合那些反对。只有被转化成一种比较普通的事实，那种奇怪的事实才能幸存下来。在这一案例中，这种比较普通的事实涉及越来越远离在它刚开始时包含的真相。几乎在不知不觉之间，被认为超自然的东西就被改造成了自然的东西。

正是在这种把奇怪的事实转化成普通的事实的意图驱使下，查理顿和迪格比才坚持认为，武器药膏能够被可靠地制造。它也许有些奇怪，但它不比磁性更奇怪。伽利略坚持认为，月亮上的山脉和地球上的山脉完全一样，木星的卫星很像我们的月亮，金星的相和我们的月亮的相完全一样，太阳上的斑点很像云。他一直在接受最奇怪的事实，并将其变得尽可能普通。在亚里士多德学派和笛卡儿学派眼里，就连玻意耳的真空泵也制造了“奇怪的事实”。[注]在他们看来，真空是不可能存在的，因此仿佛确立了这样一种东西的存在的一切实验都真的奇怪。

要使奇怪的事实变得比较普通，最简单的办法是复制它们。实验协会是在佛罗伦萨形成的，为的是在伽利略死后推动他的一个实验项目。它将“*provando e riprovando*”（一试再试）作为其座右铭。在《实验协会报告》（*Reports of the Society for Experiments*）中，有一个典型的例子。面对一个貌似可信但存在问题的结果，他们用一种不同的方法，重做了实验。就这样，他们保证了自己不被谬误的结果欺骗。即使事实的奇怪性无法被化解，至少它的证据可以得到加强，结果它就被转化成了一种顽固的事实。阿尔诺辩称，这正如我们能够相信圣奥古斯丁报告的奇迹的过程，因为尽管它们也许奇怪，但谁能怀疑他的诚实呢？因此，从一开始，奇怪的事实和普通的事实就存在于一种不安的斗争之中。在这一斗争中，奇怪的事实不断试图推动自身被承认为普通的事实，或至少被承认为顽固的事实。正如阿尔诺所认识的那样，如何区分奇怪得令人难以置信的事实和奇怪但顽固的事实，远非一个简单明了的问题。

陨石提供了一个不错的例子。18世纪的英国和法国科学家拒绝了关于陨石的现实的大量证言，就像我们拒绝外星人绑架故事那样。1768年9月13日，一块重7.5镑的大陨石落在了卢瓦尔地区的卢斯。很多人（都是农民）目睹了它的降落。皇家科学院的三位成员（其中包括年轻的拉瓦锡）被派往那里调查。他们得出的结论是，闪电击中了地面上的一块砂岩，从外层空间落下石块的想法完全是荒谬的。还有一些相似的例子。1794年6月16日，一块大陨石在锡耶纳上空爆炸。众多学者和一些英国贵族目睹了在城市上空降落的陨石雨。阿博特·安布罗焦·索尔达尼（Abbot Ambrogio Soldani）出版了整整一本插图证言。这是第一次（在某种意义上）被接受为真实事件的陨石降落。这得益于有很多证人，并且他们受过教育、富有。但是，这也得益于那一事件能够被制造得不那么奇怪。在陨石降落18个小时前，320公里外的维苏威火山喷发了。因此，可以设想那些石块是维苏威火山喷出的，尽管它们是从北方的天空落下的，而非从南方的天空。设想它们从外层空间落下显然更可取。落在卢斯的陨石太奇怪了，落在锡耶纳的陨石

不那么奇怪。正如阿尔诺在《皇家港口的逻辑》中所主张的那样，普通的事实每次都击败了奇怪的事实。

9

在这一章中，我们已经审视了一系列局部历史，其中包括开普勒为对火星做精确测量所做的努力、“事实”一词被引入英语、武器药膏。如果我们太执着于细节，就有错过整体的危险。这是因为，只有当经验变成了公共的，事实才变得坚不可摧。在把私人经验变成公共资源的过程中，印刷机扮演了一个关键角色，它削弱了公认的权威。第一种基于我们现在所谓事实的新科学是维萨里（1543）的解剖学。它依赖解剖剧场的公共空间，依赖印刷书籍的公共空间，来反驳盖伦以前无争议的权威。就连布朗（1646）也没有从他自己的“纸条和小小的储藏”里拿出他的“石子”，而是从他丰富的藏书中。于是，印刷书籍给他们带来了一种质疑权威的新自由。雷蒂库斯的《第一讲述》（1540）的题词这样说：“思想自由的人必然是想拥有知识的人。”这句题词是引文，出自2世纪的柏拉图主义者阿尔希诺斯（Alcinous）。在他的《与伽利略的星际使者的对话》（1610）中，开普勒重复了它。在他的《关于漂浮物体的对话》（1612）中，伽利略也重复了它。艾斯维尔出版社把它用作了伽利略的《关于两大世界体系的对话》（1635）的拉丁译本的题词。1581年，在布雷斯劳，被流放的匈牙利主教安德里亚斯·杜迪斯（Andreas Dudith）发现自己成了两位天文学家的主人。他们分别是英国人亨利·萨维尔（Henry Savile）和西里西亚人保罗·韦蒂希（Paul Wittich）。“我总把握不了他们的思想，”杜迪斯写道，“但我对他们在判断古人和现代人的著作方面的自由（*libertas*）感到惊奇。”1608年，托马斯·哈里奥特向开普勒抱怨道，他还无法自由地进行哲学研究。当时，他被怀疑持有无神论观点；他的两位赞助人沃尔特·雷利爵士和诺森伯兰伯爵（the Earl of Northumberland）被关在伦敦塔里，一个被定为叛国罪，另一个被怀疑犯叛国罪。1621年，纳撒内尔·卡彭特（Nathanael Carpenter）出版了

《自由的哲学》（*Philosophia libera*）。1651年，帕斯卡尔坚持认为，科学家应该拥有“完全的自由”。索尔兹伯里的《数学集》的题词是“*inter nullos magis quam inter PHILOSOPHOS esse debet aequa LIBERTAS*”（没有什么比哲学之间更应该存在一种平等的自由）。关于互相关联的书籍的世界和事实的世界，存在着某种天生的平等主义和自由的东西。事实上，我们可以说，新科学激发了一种社会领域的创造。在17世纪，这一领域被理想化为“字母共和国”。在18世纪，它将会被贴上“世俗社会”的标签。

布鲁诺·拉图尔（Bruno Latour）有一篇重要论文。这篇论文最初出现于1986年，名为“视觉化和认知能力：把事物画在一起”（“Visualization and Cognition:Drawing Things Together”）。在这篇论文中，他主张，印刷机使事实“变硬”；在印刷之前，事实太软，不可靠。拉图尔辩称，造就科学革命的不是实验方法或商业社会（二者都已存在数百年了），而是印刷机。印刷机把私人信息变成了公共知识，把私人经验变成了公共经验。布鲁诺·拉图尔是一位大胆的思想家，有时候甚至有些轻率，从不惮于把一种观点推得太远。但是，在这一情况中，我认为他没有把观点推得够远。印刷机没有使事实变硬，而是使它们能够冲破诸如天文学这样狭窄的专门领域。拉图尔正确地认为，书籍代表着一类特殊的物体。很多物体之所以存在，是为了交换和消费，例如一袋袋谷物被转化成了面包。用拉图尔的话说，它们是易变的动者。有人也许认为金银币是不易变的动者，但它们总是被熔化、再制，虽然硬但易变。另一方面，除了阅读，书籍别无益处（当然，有时候也被用于燃烧）。它们是第一种真正不变的动者。

“不变的动者”这一短语恰如其分地总结了事实的认识论悖论。事实能够被移来移去，被从一个人传给另一个人，不会退化，或至少可以这么说。它们在这一点上与证言迥异。在一场无休无止的口传游戏中，经过层层传递，证言会退化。实际上，18世纪的概率理论家为计算这种退化率设计了公式。有人认为，这样的公式可以被用来计算基

督再临的日期。当基督复活的证言退化到对它的信仰不再理性之前，最后一声号角就会吹响。证言退化，事实不会退化，然而它们都以相同的感官经验为基础。事实不是按照人的形象被制作，而是按照书中的形象被制作，因为人会记错、错误引用、错误表达，而书籍不变但可动。你也许会说，事实最初是一种物质现实投下的一种认识论阴影，这种物质现实就是印刷书籍。

谷登堡《圣经》出版于1454/1455年。但是，印刷革命的开始却花了很长时间。1577年的彗星引发了180多种讨论其意义的出版物。布拉赫关于这一课题的著作不仅提供了他自己对那颗彗星的视差的测量（这些数据把它牢牢地放在了天空中），还提供了对他人的测量和观点的复查。就这样，印刷机把分散、属于不同文化、坚持各种智力参与的天文学家和占星家聚到了一起，使思想的广泛交流和比较得以进行。在法兰克福书展的目录中，这一新群体得到了物理展示。正如我们已经看到的那样，法兰克福书展始于1564年。(注)

法兰克福书展推动了国际图书贸易的成长。詹姆斯一世时代的诗人塞缪尔·丹尼尔（Samuel Daniel）把这种贸易称为“国际思想交易。”到1600年，威廉·吉尔伯特就抱怨道，知识分子正盼着航行于“书籍的海洋之上。它如此辽阔，以至于好学不厌的人也为之烦恼，感到疲惫”。举个例子，1608年，伽利略偶然在一个目录里见到了一本书。这本书名为“地球的运动”（*De motu terrae,On the Movement of the Earth*）。他自然想拥有一本。两年后，他仍在尝试找到一本，就向开普勒求助。威尼斯的书商帮不了伽利略并不令人奇怪，因为我在法兰克福目录里也找不到《地球的运动》。但是，那本书是存在的，因此伽利略肯定看见过它被列在一个目录上。假如他得到了一本，会感到失望，因为那本书的主题是地震，而非哥白尼学说。到了他生命行将终结时，国际图书贸易意味着伽利略可以为他的《两种新科学》找到一个出版社，即艾斯维尔出版社。《两种新科学》的手稿已经被偷偷带出了意大利。它在莱顿出版，但不是以拉丁语或荷兰语出版，而是

以意大利语出版，就像托马斯·哈里奥特的《关于新发现的弗吉尼亚陆地的简明且真实的报告》（*Brief and True Report of the New-found Land of Virginia*）的插图版（1590）那样。这一插图版在法兰克福出版，同时有英语、拉丁语、法语、德语版本。

市场并非总能以最佳状态运作。根据格莱兴法则（事实上是哥白尼第一个明确表述的），劣币驱逐良币。但是，在法兰克福书展，年复一年，缓慢但坚定，好的事实驱逐了坏的事实。随着学者们越来越了解这一过程，他们开始出版错误汇编之类的书籍。这些错误曾经是学术错误，现在则被当作废话而遭到摒弃。医师们开了风气之先，其中有劳伦·茹贝尔（Laurent Joubert）的《流行的错误》（*Popular Errors*，首次于1578年以法语印刷，在6个月里印刷了10次，此后也频繁印刷，还被翻译成了意大利语和拉丁语）、吉罗拉莫·墨丘利（Girolamo Mercurii）的《意大利的流行错误》（*Ofthe Popular Errors of Italy*，意大利语，出版于1603、1645、1658年）、詹姆斯·普里默罗斯（James Primerose）的《群氓的错误》（*Errors of the Crowd*，从1638年起以意大利语出版了7版，有英语和法语译本）。托马斯·布朗的《粗俗的错误》涉及一切错误（从1646年起以英语出版了5版，有法语、荷兰语、德语和拉丁语译本）。当然，他也是一名医生。从多方面看，皮埃尔·贝尔（Pierre Bayle）的巨著《批判词典》（*Critical Dictionary*）也是这样。它是启蒙运动的开山之作（1696年，在15年里出版了8版法语版本，另外有两个英语译本和一个德语译本），最初仅仅旨在概述错误。这一针对错误的斗争使脚注得以出现。脚注可以确保每个事实都能够被追踪到一个权威陈述。

于是，印刷机强化了创新者的掌控，使他们能够把信息和著作汇聚起来。它用文本取代了专业讲座、权威的声音，你可以在文本的边缘潦草地写下你的异议。它用书籍取代了手稿。手稿在一定程度上是在与其他文本隔绝的状态下被阅读的，而书籍可以在图书馆里被查阅，并且被彼此竞争的权威包围。它引入了索引。索引是一种备用路

线，通向具体文本里的信息所在的位置，让树立一个权威来反对另一个权威变得更加容易。(注)不仅如此，通过鼓励观点和思想的持续冲突（里乔利反对哥白尼，霍布斯反对玻意耳），它迫使辩论各方适应和改变。印刷机做的事情十分简单，就是削弱“篡位者（即权威）可耻的专制”，强化证据。它是科学革命的完美工具。

印刷机也鼓励了一种知识军备竞赛，新武器［布拉赫发明的天文学六分仪，伽利略改进的望远镜，惠更斯发明的摆钟（1656），因为天文学家早就在寻找一种精确测量时间的方法］被不断带到前线。开普勒的《新天文学》（1609）充满了军事比喻不足为奇。实际上，他把整本书都呈现为一场关于火星运动的战争。里乔利的《新天文学大成》（1651）把大量的证据和观点都拿去检验。这些证据大多是在里乔利活着时产生的，是从巴黎和布拉格、威尼斯和维也纳收集来的，也是从一些书籍中搜集来的。这些书籍只有一个共同点，就是它们全都在某个时候出现在了法兰克福书展上。这样一本书在手稿文化里简直不可想象。

在这里，我正在呈现一种所谓的爱森斯坦论题。它是伊丽莎白·爱森斯坦（Elizabeth Eisenstein）在《作为变化媒介的印刷机》（*The Printing Press as an Agent of Change*，1979）中第一次提出来的。爱森斯坦论题从来没有受到历史学家的欢迎。历史学家喜欢微观历史，不喜欢宏观历史。他们喜欢能够指出具体的证据，以确证一种观点。但是，就印刷革命的情况而言，我们谈论的是一种漫长、缓慢的转变。历史学家曾十分适当地坚持认为，手稿文化和印刷文化并肩赛跑，跑过了16和17世纪。因此，就莱昂纳多的《绘画论》来说，现存60个手稿副本，并且它们显然都是在1570—1651年（它于1651年首次付梓）间被制作出来的。通过一些人物的通信传播的知识往往和通过印刷机传播的知识一样多。在这些人物中，有尼古拉斯—克劳德·法布里·德·佩雷斯克（Nicolas-Claude Fabri de Peiresc，1580—1637），他是天文学家和收藏家；有梅森；有塞缪尔·哈特立伯（Samuel Hartlib，约1600

—1662），他是培根派改革家，寻求传播有用的知识。即使是书，一旦有了评注，也会因评注独一无二的内容而变得珍贵。布拉赫自己就是一个广泛的通信网的中心。他追踪《天体运行论》的各个副本，因为他想阅读它们以前的主人写下的评注。但是，他也有自己的印刷机。他也是幸运的，因为在他死后，开普勒目睹了他未出版的著作付梓。实际上，开普勒把那台印刷机放在了鲁道夫表卷首插图中的一个突出位置。鲁道夫表称颂了天文学从古代世界到现代取得的进步。我们能够指出这些同时代的证人，但我们最终要应对的是一个规模问题。在15世纪的欧洲，被制作出来的手稿有500万。在16世纪的欧洲，有20亿本书出版；在17世纪，有50亿本。举个例子，即使书籍与手稿相比没有显著优势，但当书有了插图，可获取信息的绝对数量的增加也足以产生一次大的文化革命。

一旦印刷机被发明了出来，事实的概念（以及与它相伴的确立可靠事实的过程从天文学向其他学科的延伸）就变得不可避免，就像望远镜最终会被用于发现金星的相那样不可避免。此外，一旦航海罗盘变得普及，就有人会检验所谓的大蒜和磁铁之间的不相容。问题不在于是否会，而在于何时、何地、由谁。



TABULÆ RUDOLPHI ASTRONOMICÆ
COPERNICUS
TYCHO BRAHE
PTOLEMAEUS
HIPPARCHUS
MYSTER. COSMO.
ASTR. P. OPTICA
COM. MARTIS
EPIT. AST. COP.
INSULA HUENNA DANIÆ



开普勒的鲁道夫表（1627）的卷头插画。画上的人物，从左至右，分别是天文学家喜帕恰斯、哥白尼、一位不知名的古代观测者、布拉赫、托勒密。每个人都被他的著作的象征环绕。背景中的柱子是用木头做的，前景中的柱子是用砖和大理石砌的，象征着天文学的进步。第谷·布拉赫设计的天文仪器充当了装饰。檐口上的人物象征着数学学科，天文女神乌拉尼亚居中。老鹰代表了开普勒的赞助人、神圣罗马帝国皇帝鲁道夫二世。在基座上，从左至右，是正在从事研究的开普勒、布拉赫的赫文岛地图、一台印刷机。

人们该怎样理解我所谓的事实的“坚硬”这一特点呢？1653年，那个身份不明的G.W.试图描述它。我相信，G.W.曾一直在阅读霍布斯的著作，但在接受事实上远超霍布斯。他坚持认为，就连偶然性的世界也受他所谓的“一种决定性的理解力”的支配：

因为事实中的事项也处于存在和现实之中，就像证明那样确凿无疑……事实上，所有这些结果都潜藏在可能的原因之中。原因好像非常清晰地预示了结果，而通过可靠、精明的推测，结果也或许以一种相应、相称的方式为人所知。于是，医生知道了疾病，水手预见到了风暴，牧羊人为他的羊群提供了安全。

事实事项就像证明（例如推论或逻辑证明）那样确凿无疑。这一观点在我们看来无可置疑，因为事实按照定义是真实的。这整整一段（我做了缩减）几乎完全是用抄袭来的短语拼凑的，只是G.W.没有承认而已。他抄袭的是纳撒尼尔·卡尔弗韦尔（Nathaniel Culverwell）死后出版的《关于自然之光的优雅而博学的对话》（*An Elegant and Learned Discourse of the Light of Nature*）。这本书当时才出版了一年。在当代，我们会把这称作剽窃，但这样一来，就会完全不得要领。举个例子，卡尔弗韦尔曾说，“事实事项处于存在和现实之中，就像证明那样确凿无疑”，但他所说的事实事项是历史和法律事件，只是更大的偶然事件类别很小的一部分。卡尔弗韦尔所说的是旧式的事实（事实=行为），而非现代意义的事实（事实=事件），而G.W.把所有偶然事件都当成了事实事项。与卡尔弗韦尔不同，G.W.所说的是休谟的事实，或者倒不如说是霍布斯的事实。此外，卡尔弗韦尔坚持认为，总

体来说，我们对偶然事件的知识是非常不完善的，要么基于“纯粹的证言”（如果它们是旧式的事实事项），要么基于“破裂、破碎的”经验主义概括（如果它们是经验事项）。相形之下，G.W.乐于把自己托付给“可靠、精明的推测”。

尽管作家们使用几乎完全一样的词语，但卡尔弗韦尔的《关于自然之光的优雅而博学的对话》处在前现代思维和现代思维分界线的一边，G.W.的《现代国家的人》（正如它的名称所暗示的那样）处在另一边。G.W.之所以借用卡尔弗韦尔的话语，完全是因为那样做不存在危险，并且任何人都会认为他说的是卡尔弗韦尔已经说过的话。在接下来50年左右的时间里，事实将成为一切知识的基础，而它以前曾存在于一种知识监狱之中，只能作为“现象”维持幽灵般的存在。1694年，威廉·沃顿用这样的话总结了新科学：“事实事项是唯一被诉诸的东西。”1717年，在其《实验哲学教程》（*A Course of Experimental Philosophy*）的开头，约翰·西奥菲勒斯·德萨古里亚斯（John Theophilus Desaguliers）说：“我们拥有的一切自然知识都有赖于事实。”1721年，博洛尼亚的马尔西利（Marsigli）伯爵访问了皇家学院。他报告说：“受不到观测和实验支持的一切猜想都会遭到彻底拒绝。在英国，一切研究和教学都以事实为基础。”我们很容易忽略这样的句子，因为我们如今在事实的海洋中畅游，认为它们不过是老生常谈。但是，在18世纪初期的意大利，经院哲学依旧主宰着大学教学，这些新的英国价值观根本不是不言而喻的，就像《独立宣言》的“人人生而平等”的主张那样。这一主张也绝对不是不言而喻的。

事实的意义是什么呢？后现代主义者不是第一批向那种认为事实事项的知识是真正的知识的主张发起挑战的人。霍布斯已经对它提出了质疑，休谟不久就会怀疑它的正当性。无论如何，一直到并且包括卡尔弗韦尔在内，每个前现代思想家都熟悉那些断定经验主义知识不可靠的观点。尽管有各种各样的争议，我们现代人（事实上是后现代人）依然相信事实。没有事实，就没有可靠的知识。给事实签名担保

所需的不是作为物理对象的书籍，而是一些不会天天改变、变化的源泉。就这些源泉而言，书籍依然是最清晰的表现形式。如果你引用一本书（或网上的书籍摄影复制），你不需要写“在……上获取”，因为不管你进不进入它，文本仍旧一样。使书籍成了一种不变的动者的，是其文本的固定性。如果事实要进入后印刷时代，就需要不变的动者。

---

1. 在拉丁语中，最佳的译文可能是“世界是真实判断（sententiae）的总和，而非事情的总和”。但是，这是一个迥然不同的主张，因为判断是被做的，而事实不是。此外，“sententiae”会包含价值判断，如“谋杀是不正当的”。

2. “一个杂乱的殊相堆”；“我们希望人们应该明白、认识到，对自然的真实探究是多么严肃的一件事情；考虑到种种殊相，人们还应该习惯于扩大他们的头脑，直到如世界般广大；人们不应该把世界缩小到如同他们头脑的狭隘。”Bacon，Sylva sylvarum（1627），AIr，74。

3. 按照布鲁诺·拉图尔的观点，伟大的法国科学哲学家加斯东·巴舍拉坚持“un fait est fait”，即事实是人造物，或事实是被制造的（Latour，“The Force and the Reason of Experiment”，1990，63）。但是，我在巴舍拉的著作中找不到这个短语。斯蒂芬·沙宾也是如此，把事实是被制造或发明的观点归于卢德维克·弗莱克（Shapin，“A View of Scientific Thought”，1980）。但是，那话不是弗莱克说的。拉图尔和沙宾想传达事实是被制造的思想，但未免不负责任。皮埃尔·布尔迪厄曾经控诉有些人采用了“一种典型的策略，先提倡一种非常激进的立场（例如，先说科学事实是一种建构，然后向下滑，说它是一种伪造，因而是一种人造物，一种虚构），然后在面临批评的情况下退回到陈词滥调，即退回到比较普通的模棱两可的概念，如建构，等等”。（Bourdieu，Science of Science，2004，26—27）

4. 后现代主义者经常假定，因为事实被表达在语言里，所以它们天然是存在争议的。于是，乔纳森·戈德堡（Jonathan Goldberg）宣称，他反对那些“假定……存在某些不容置疑的事实、不允许算得上事实的东西自身是一种散漫的构造”的人（Goldberg，“Speculations: Macbeth and Source”，1987，244）应该显而易见的是，事实既可以是不容置疑的，也可以只在特定的散漫惯例中才有意义，例如华盛顿是美国的首都，或1厘米约等于0.39英寸。

5. 此处内容可见原书第234页。

6. 也许有人认为，文艺复兴时期的作者只是不太关心保持一致罢了。我不认为这是对的。不一致往往是（但在这一例子不是！）我们错误阐释他们说的话造成的结果。如果想找到一个明显的例子，我们不妨比较一下斯蒂芬·奥格尔（Stephen Orgel）在两性解剖学差异上对霍吉亚·克鲁克（Helkiah Crooke）的《微宇宙志》（Microcosmographia，

1615）的阐释和珍妮特·阿德尔曼（Janet Adelman）的反驳。在阐释的过程中，奥格尔声称，克鲁克认为一种观点的“科学真实性和虚假性”根本不是问题，觉得“没必要让彼此冲突的科学观点取得一致”，结果克鲁克十分乐于提出互相矛盾的观点（的确，在奥格尔看来，一致性是一种“后启蒙”特点）：Orgel，Impersonations（1996），21—24；Adelman，“Making Defect Perfection”（1999），36—39 and n. 29。

7. “正如马克罗比乌斯（Macrobius）所说，上帝是万物的第一成因和创造者，他的多产创造并产生了一种精神，那种精神产生了一种灵魂（但基督教的真理与此说法不同）。灵魂一方面被赋予了理性，它又把理性赋予了天空和恒星等神圣之物（因而它们据说拥有神圣的精神）；另一方面被赋予了灵敏和生长的力量，它又把这些力量赋予了柔弱、暂时的东西。于是，维吉尔非常理解这一精神，将其称作世界的灵魂……但是，基督教的真理认为，灵魂不来自精神，而是甚至直接来自上帝本身。”Della Porta，Natural Magick （1658），7—8。

8. 在其《对巫术的揭发》中，雷金纳德·司各特顺理成章地采用了这一故事。

9. 要想了解后来对同一装置的记述，可见Passannante，The Lucretian Renaissance（2011），1—2；Glanvil，The Vanity of Dogmatizing（1661），202—204。

10. 后来，在《路易·波拿巴的雾月十八日》（Eighteenth Brumaire）中，马克思以“Hic Rhodus, hic salta”的变体形式，使其名闻遐迩。［马克思的短语来源于黑格尔说的一句俏皮话。想了解相关叙述，可点击http://berlin.wolf.ox.ac.uk/lists/quotations/quotations_by_ib.html，accessed 22 Dec. 2014。］

11. 在西方文化中，在科学革命之前，对经验的援引具有认识论上的粗糙性。这种粗糙性并不必然是前科学社会的一种特征。亚马孙流域的猫人部落只要使用动词，就一定详细说明“他们究竟是怎样了解了他们正在报告的事实……存在不同的动词形式，取决于你是在报告直接经验（你亲眼看见有人走过）、从证据（你在沙地上看到脚印）推断出来的东西，还是推测（人们总是在白天的那个时候经过）、道听途说（你的邻居告诉你，他看见有人经过）。如果一种陈述不以正确的证据形式被报告，那么它就会被认为是谎言。因此，举个例子，如果你问猫人部落的一个男人，他有多少妻子，那么除非他在那时的确能看到他的妻子，否则他就会以过去时态回答，并且可能会这样说：‘我上次核对时有两个。’”（Deutscher，Through the Language Glass，2010，153）

12. 贺拉斯，《书信集》（Epistles）卷一，i，14—15行：Nullius addictus iurare in verba magistri,quo me cumque rapit tempestas, deferor hospes.“我不必向任何主人宣誓效忠；在哪里遭到暴风雨，我就在哪里寻求庇护。”

13. 让我补充一句，我们认为“fiction”（虚构）这个词与“fact”天然成双成对，它于16世纪90年代进入了英语；“fiction”一词在时间上早于事实的现代含义。

14. 弗洛里奥沿袭蒙田的三种情况分别是：“我不能把我的缺陷和不幸归咎于我的身体，只能将其归咎于我的自我。这是因为，说真的，我很少采用他人的坚毅，除非是出

于补充的缘故，以及我需要事实的指导或知识的地方”（Montaigne，Essayes，1613，456）；“没错，证据和推理以事实和经验为基础。［原文如此］我解不开，因为它们真的没有头绪，但我经常隔断它们，就像亚历山大（Alexander）对他的结所做的那样”（582）；“假如不是那样，那么我做的事情是因为缺乏记忆，其他人做同样的事情则更经常地是因为缺乏信仰。我将永远处在一个事实事项之中，从我自己嘴里获取真相，而非从他人嘴里获取真相”（605）。但是，当蒙田的原文是“Je vois ordinairement que les hommes, aux faicts qu’on leur propose, s’amusent plus volontiers à en chercher la raison qu’à en chercher la verité”，弗洛里奥则把它译成“我经常看到，在面对问题时，人们更愿意以找出原因为乐，并忙于找出原因，而非找出它们的真相”（578）；当蒙田的原文是“joinct qu’à la verité il est un peu rude et quereleux de nier tout sec une proposition de faict”，弗洛里奥则把它译成“因为说真的，它是粗俗的幽默，断然否认了一种主张”（579）。

15. 在现代英语中，“human”和“humane”是两个不同的词。但是，在17世纪，则只有一个词，通常被拼作“humane”，有两个含义。在这里，以及在洛克的《人类理解论》的书名里，则意味着“human”。

16. “如果一个人现在看到了他以前看到的东西，他会认为那个东西先于他以前看到的东西，也先于他现在看到的东西。举个例子，他曾看到火燃烧之后留下灰，现在又看到了灰，于是又得出结论说，曾经有火燃烧。这又被称作对过去的推测，或对事实的假定……如果一个人曾经常观察到类似前例的东西后面跟着结果，那么只要他看到前例，就又会寻找结果；或只要他看到结果，就又会认为存在类似的前例。然后，他就会把结果和前例称作彼此的标志，如云是要下雨的标志，雨是过去的云的标志”（Hobbes，Humane Nature，1650，37—38）；“有两种知识，其中之一就是感觉，或最早的知识……和对同一种东西的回忆；另外一种称作科学知识，或命题的真实性的知识，以及食物是怎样被称呼的，源自理解……关于这两种知识，前者是对事实的经验，或者是对真实性的经验。如果前者很重要，就被称作审慎；至于后者，如果很重要，通常会被古代和现代作家称作智慧或学识。只有人能胜任后者；至于前者，则野兽也能做到”（60—61，64—65）。

17. “一个例子，de facto”（Prolegomena to Helmont & Charleton，A Ternary of Paradoxes，1649，c2v）；“为此我将直接开始考察Hoti或事实事项”（d1r）。要想了解来自译文、伴有拉丁语原文的例子，可见尾注98。

18. “对关于事实的知识的记录称作历史。历史有两种，一种称作自然历史，另一种是民间历史。自然历史记录这样的事实或自然效应，因为不依赖人的意志，如金属、植物、动物、宗教的历史，诸如此类。民间历史是关于团体中的人的自愿行为的历史。”Hobbes，Leviathan（1651），40。

19. 例如，Arnauld & Nicole，Response au P. Annat（1654），AvantPropos：“Or tout le monde demeure d’accord，que les Papes sont point garands de la verité des faits qu’on leur propose，et qu’ils rapportent en suitte dans l’expositif de leurs Rescrits et de leurs

Constitutions . . .”In Arnauld，Première lettre apologétique de Monsieur Arnauld Docteur de Sorbonne；À un évêque （1656），12，他否认教皇和助教们能够决定“un point purement de fait，& dont les yeux sont juges”。

20. Pascal，Les Provinciales（1657），48—49（4th letter）：“Ce n’est pas icy un point de foy, ny mesme de raisonnement. C’est une chose de fait. Nous le voyons, nous le sçavons, nous le sentons.”

21. 不妨对比一下，Shapin & Schaffer，Leviathan and the Air-pump（1985），24。在那里，“玻意耳和实验主义者”被认为开创了对事实事项的痴迷。霍布斯仅被视为反对来自事实的证据的人（22），而非开创了玻意耳所用语言的人。那本书将维特根斯坦的语言游戏概念当作其理论基础（15，22），但从未考虑发展一种新语言游戏可能涉及改变词的意义，可谓有些奇怪。

22. 多切斯特侯爵于1663年被选入了皇家学会，但他没有在它的活动中发挥任何作用。也许有人会认为，他是因为雇用索尔兹伯里当图书管理员而受到了奖励。Wilding，“The Return of Thomas Salusbury’s Life of Galileo（1664）”（2008），260。

23. 与亚里士多德学派、笛卡儿学派不同，霍布斯没有对真空进行形而上学的反对，但他无法接受光能够穿过真空，这意味着托里切利空间不可能是真空：Malcolm，“Hobbes and Roberval”（2002），187—196，在这一问题上纠正了沙宾和谢弗。

24. 见原书，第198页。

25. Eisenstein，The Printing Press as an Agent of Change （1979），Vol. 1，88—107；Ong， Orality and Literacy （1982），121—123；威廉·沃顿是率先强调索引重要性的人之一（Wotton，Reflections upon Ancient and Modern Learning，1694，171—172）；Wolper，“The Rhetoric of Gunpowder”（1970），593，认为这是关于印刷机的重要性的“最糟糕的观点”。我无法用语言表达。似乎是索引驱使了编码和分页的引入，以补充画家的签名（例如Blair，“Annotating and Indexing Natural Philosophy”，2000，76；可参看，Smith，“Printed Foliation”，1988）。举个例子，维特鲁维斯著作的1521年译本在其书名页炫耀说，它包含一种新的、复杂的索引。但是，那个索引为一些实际上并没有被印在书中的索引号提供了线索，读者将被迫动手把索引号加上。

第八章　实验

于是，气压计的发明改变了物理学，正如望远镜的发明改变了天文学……科学史拥有其自身的革命，正如民族国家的历史那样……伴着这一不可忽视的独特性，科学中的革命……成功地完成了它们着手去做的东西。

——文森佐·安蒂诺里（Vincenzo Antinori），《丰富的消息》（*Notizie istoriche*），1841

1

1648年9月19日，在一群来自科列蒙—费昂的地方显要的陪同下，法国数学家布雷斯·帕斯卡尔的内弟弗洛兰·佩里耶（Florin Périer）动身攀登中央高原的多姆山。注674在山脚下一座修道院的花园里，他们留下了一根被倒置在一碗水银里的管子。那根管子里的水银的高度刚过26英寸（约66厘米，他们是以法寸来衡量的，但他们的法寸略长于英国的英寸）。等他们抵达了峰顶［按照他们的计算，比下面高约3000英尺（914.4厘米）］，他们又安放了另一个气压计（就像我们后来对那种仪器的叫法那样。“barometer”在英语、法语中首次出现都是在1666年。此前一年，英语中出现了“baroscope”）。与修道院花园相比，山峰上的管子里的水银高度低了3英寸（7.62厘米）多一点。他们把气压计拆开，然后在山峰的几个不同地点重新装好，得到的结果是一样的。在下山的路上，在一个距离山脚比距离山顶近的地点，他们反复做了几次试验。其中一次试验是由一位莫尼耶（Mosnier）先生做的。第二天，在科列蒙大教堂的塔的塔基和塔顶，他们做了相同的试验，结果差别不大［约为1英寸（2.54厘米）的1/5］，但可以测量。在获悉这最后一次的结果后，帕斯卡尔在巴黎的高层建筑里做了相似的

试验，并尽可能迅速地出版了一份关于它们的报告。1662年，在回顾之中，玻意耳赞扬在多姆山做的实验是“*experimentum crucis*”（至关重要的试验），认为它证实了一种新物理学。说真的，这是第一个被以这一短语赞扬的实验。牛顿后来把它与他的棱镜实验联系了起来，使它名闻遐迩。棱镜实验证明，白光线是由彩色光谱构成的。

多姆山实验是第一个“适当的”实验，因为它涉及经过精心设计的程序，证实（有旁观者在场，以确保这的确是可靠的描述），可重复、独立地复制，且迅速得以传播。多姆山实验旨在回答一个问题，即管子顶部明显存在的空的空间的形成是否遇到了某种自然抵抗（因为按照亚里士多德的观点，自然厌恶真空），或水银的高度（从而空的空间的大小）是否仅由空气的高度决定。帕斯卡尔一直自称是该实验的发明者，但哲学家勒内·笛卡儿坚称，这个实验最初是他向帕斯卡尔建议的。当他们的共同朋友马林·梅森忙于组织相同的实验时，帕斯卡尔捷足先登了。（梅森遇到麻烦，无法获得够长、够结实、一头“密封”的玻璃管，虽然他似乎去找了给帕斯卡尔供货的供应商。帕斯卡尔没有遇到麻烦，他可能买了能够被制作出来的全部管子。）注

当时，人们普遍认为，那一实验显示水银的高度是由空气的高度决定的。但是，在把管子顶部的空间视为真空究竟恰不恰当上，人们却看法不同。帕斯卡尔认为它是，但笛卡儿却认为它包含一种没有重量、能够穿透玻璃的以太（他认为，没有以太，光就不能从管子一侧射到另一侧）。帕斯卡尔的朋友梅森和罗伯维尔认为，那个空间里有某种稀薄的空气。按照通常的说法，帕斯卡尔好像是对的，梅森和罗伯维尔好像是错的。实际上，他们三个都是对的。那个空间实际上是真空，但它的确包含一些处于极低的压力之下的空气。帕斯卡尔对实验的解释与亚里士多德的自然厌恶真空的说法存在直接矛盾。

如果说我们有某种他们没有的东西，那么试验似乎将是个不错的候选者。就像我们在上一章中看到的那样，如果说一种文化里“拥

有”某种东西，那么确定其开端并不总是那么容易。但是，语言通常提供了一种有用的标志。当我们转向实验时，这种说法就不太正确了。在古典、中世纪和早期现代拉丁语中，“*Experientia*”和“*experimentum*”（“经验”和“实验”）几乎是同义词。不仅如此，所有拥有这两个词的现代语言最初只是反映了拉丁语的用法。在现代英语中，二者的区别很明显，去看芭蕾舞是一种经验，大型强子对撞击是一种实验。但是，只是在18世纪，这一区别才缓慢出现，并牢固确立了下来。按照《牛津英语词典》，1727年是作为动词的“experiment”被用来指“experience”的最后一年，1763年是作为名词的“experience”被用来指“experiment”的最后一年。[注]由于没有注意到这一含义变化，学者经常把拉丁文本中的“experimentum”一词翻译成“experiment”，因此让人完全误解了其含义，而其含义通常指“experience”。

然而，在弗朗西斯·培根的著作中，我们却发现了某种接近于现代区别的东西。他区别了两类经验，一类是偶然（凭“运气”）获得的知识，另一类是有意（凭“实验”）获得的经验。[注]不过，按照这种界定，去看芭蕾舞是一种实验，而了解到座位坐着不舒服、酒吧里卖的饮料价格太高，则是一种偶然的经验。此外，如果认为培根是实验（我们理解的，与经验相反）科学的倡导者，那就大错特错了。他的确认为实验能够补充经验并提供关键信息，但他又攻击威廉·吉尔伯特，指责后者通过一种狭隘的实验项目来研究磁铁，因为这一项目仅与磁铁有关。培根说：“因为没有人成功地在一个事物本身中探究它的性质，必须将探究扩大，以便使其变得更普遍。”就其自身来说，霍布斯清晰地区分了实验和经验，但他的区分与我们的不同。对他来说，数次实验等于经验，实验是特殊的，经验是普遍的。

初看之下，你会认为亨利·鲍尔于1664年出版的《实验哲学》是一本关于现代意义的实验的书，它也的确包含了很多涉及水银和玻璃管的实验。但是，这本书的第一部分与用显微镜做的“Experiment”有关。

不过，鲍尔已经走上了通向我们的现代用法的道路。这是因为，尽管他说这本书与“显微镜、水银、磁铁的新实验”有关，但他把他的各显微镜报告部分都标注为“Observation”，把他的各水银报告部分则标注为“Experiment”。以这一现代含义被使用的“Observation”（远非一种做法含义，如宗教观察或仪式）在英语中相对较新。当然，它也存在于古典拉丁语中（*observatio*）。按照《牛津英语词典》，以这一新含义第一次使用“Observation”是在1547年，第一次使用“observe”是在1559年。随着时间流逝，观察成了实验的附属物。二者都取代了不可靠、不具体的“经验”，制造了可靠的事实。不可靠、不具体的“经验”曾支撑了太多的古代和中世纪讨论。

在法语和葡萄牙语中，旧的混淆（就像它们对一个说英语的人必然显而易见的那样）依然存在。法语中有个动词“*expérimenter*”，该动词既与“to experience”对应，也与“to experiment”对应。法语中仍然没有与英语的“experiment”对应的词。当然，你可以“*faire une expérience*”（做个试验），这里的“*expérience*”指的就是“experiment”。在19世纪，法语复数形式的“*expériences*”往往是指实验，没有经验的意思。法语也获得了“*expérimentation*”一词，这个词现在的用法有时候似乎等同于“experiment”。(注)683法语（和葡萄牙语）中也有“*expérimental*”这个形容词，这个词一般被用于短语“*philosophie expérimentale*”中。在斯普拉特的《皇家学会史》于1669年被翻译成法语之前，“expérimental”仅被用于宗教（且往往神秘的）语境中。1669年，“*philosophie expérimentale*”被引入了法语。尽管各有拉丁语先行词，但“experiment”却没有和“*expérimentale*”携手而来，多少有些让人困惑不解。

有一些词也像17世纪的“经验”/“试验”那样含糊。“demonstration”就是一个突出的例子。在古典拉丁语中，你要证明某种东西，可以用手指把它指出来。但是，在中世纪，“*demonstratio*”一词被用来指哲学或数学中的推论或证明。于是，

你可以论证或证明一个三角形三个角的度数加起来等于两个直角的度数。在法语中，这直到很晚仍旧是那个词的含义。只是在《法兰西学院词典》（*Dictionary of the Académie Française*，1762）第四版中，被用于你向某人证明你正在谈论的东西（例如解剖学中的证明）的那种语境中的那个词的用法才被录入。在英语中，那两种含义（作为“推论”的“demonstration”和作为“指出”的“demonstration”）很早就有了。于是，亚里士多德派的哲学家和新科学家都制造证明，但他们用那个词指的东西却大为不同。

“proof”也是一个突出的例子。一方面，我们用这个词来指数学、几何和逻辑中的证据、推论、证明。另一方面，我们也说“the proof of the pudding”（对布丁的检验）、“alcohol being 40 proof”（40°酒精检验）、“proving a gun”（验枪）。因此，“proof”既涵盖必然真理，也涵盖实际检验，和“probe”“probability”有相同的词源之根。这种含混性来自拉丁语（*probo*，*probatio*），在所有源自拉丁语的现代语言中都能发现（西班牙语的*probar*，意大利语的*provare*，德语的*probieren*，法语的*prouver*。不过，法语中也有*éprouve*，是“检验”的意思。因此，在现代法语中，*prouver*已经失去了“检验”的含义）。“proof”至少在数学和逻辑中是绝对的，你要么证明某物，要么证明不了某物。另一方面，“evidence”（用我们现代的英语单词）则指某种你能够多少拥有的东西。在罗马法里，两个证人可以提供完整的有罪证明（proof），一个证人和招供也可以，一个证人和间接证据（circumstantial evidence，例如，在受害者体内发现的被指控人的刀）还可以。文艺复兴时期的律师受到的培训则是谈论半个证明或整个证明。

在证明不完整且没有其他获得证据的途径的案例中，在13—18世纪，酷刑（在遵循罗马法原则的国家里）被合法使用了，为的是获得完整的证据。举个例子，在德拉·波尔塔的案子里，宗教裁判所法庭考虑到他健康不佳，投票决定对他适度用刑（*leviter*）。一个星期后，也是德拉·波尔塔运气好，他们改变了想法。关于德拉·波尔塔在这一个星

期里的想法和感受，我们找不到记录。也许在酷刑的威胁下，他的病加重，承受不了用刑（因为在受刑之前，你必须通过医学检查，才能被宣布适合受刑。宗教裁判所在这样的问题上是慎重的）。对一个人来说，如果存在针对他的不完整有罪证明（受刑后仍不招供的人，例如1513年的马基雅维利），那么他既没有罪，也不清白。但是，他有可能因为存在可疑之处，而遭到适当的惩罚（德拉·波尔塔就是这样。伽利略在1633年受到宗教裁判所审判时也是这样。马基雅维利运气不错，因为赦免而获释）。在撰写关于实验的文字时，弗朗西斯·培根使用了“对自然的审理”和“被为难的自然”这样的短语。这是否意味着对自然动刑来榨取答案呢？培根本人目睹过被怀疑叛国的人遭受折磨，尽管酷刑在英国的法律程序中没有被正式运用。在一个探讨知识时经常运用法律比喻的世界里（正如我们已经看到的那样，“fact”这个词自身就是一个现已不用的法律比喻），证据问题总是有可能连带地把酷刑作为一种（比喻意义的）程序规范。但是，在英国法律中，“调查”（审讯就是调查）和“为难”并不必然带有酷刑的暗示。

正如有人可能预见到的那样，在用拉丁语写《磁铁轮》时，在使用“proof”和“demonstration”这样的词来描述实验所做的事情面临的困难上，威廉·吉尔伯特保持了警惕。他喜欢的词是后古典词“ostensio”。这个词的意思是显示或展示，他则将其界定为“借助身体进行的清晰证明”。换句话说，他不是在提供逻辑或数学意义的证明，而是在使某些身体现实变得显而易见。他说，他旨在向你显示一些东西，就像他正用他的手指着它们。当你阅读他的书时，就成了他的实验的一个“虚拟证人”。

2

这一章以1648年帕斯卡尔的多姆山实验开篇，但帕斯卡尔并不是第一个实验科学家。举个例子，拿伽利略对浮力问题的思索的演化来说。16世纪90年代，在一个早期未出版文本中，他寻求证明阿基米德

原理（当一个物体在水中置换了它自己的重量，它就会漂浮）必定是真实的。阿基米德的文本从12世纪以来就有了拉丁语译本，并且已经于1544年首次出版。阿基米德的早期版本配有插图。这些插图显示了一些漂浮在大海中的物体。那个大海绕着全球铺开。伽利略在他自己的文本中也画了这样的草图。

如果主张在一片无边无际的液体中，一个漂浮的物体在其中置换了它的重量，那么这完全正确。但是，在修订文本时，伽利略更进一步，描绘了一些在容器里漂浮的物体，比如放在桌子上的水箱。如果你把一块木头放进一个水箱，水箱里的水平面就会升高。伽利略最初认为，根据阿基米德原理，原来平面之上的水的体积对应着被物体置换的水的体积，原来平面之上的水的重量对应着物体的总重量。正如我们将看到的那样，这是错的。与以前的阿基米德的阐释者不同，伽利略曾自问那一实验装置能否起到解释阿基米德原理的作用。他没有意识到的是，这一装置将证明阿基米德原理的不完善。

20年后，到了1612年，伽利略发现自己陷入了与亚里士多德派哲学家的争执。他们向他保证，如果形状适当，比水重的物体也会漂浮。因此，如果把一块比水重的乌木放在一桶水的表面，它也会漂浮。受此刺激，伽利略做了一系列实验，来研究漂浮物体。他发现，如果乌木块一开始是干的，并且被轻轻放在水的表面，那么它们也会漂浮。不过，金属针也是如此。如果乌木块已经全湿，就会沉下去。伽利略考察的正是我们称作表面张力的现象。

伽利略也想构造一个会全部浸入水中但不会沉下去的物体。这个物体的比重将会和水相同。他把一些蜡和铁屑掺在一起，搓成了一个球。在一个草稿文本里，他写道，在此情况下，按照阿基米德原理，被置换的水的体积和重量对应着球的体积和重量，除非它们不对应。他仍在重复他过去犯的错误。

这时候，伽利略觉得出错了。他重返他过去的思维实验，开始认真地研究它，并且这一次有了真水箱、真木块和大理石块的帮助。他尝试让同一块木头在三个不同的水箱里漂浮，让同一块大理石在三个不同的水箱里下沉，列出了一种数学公式。这个公式决定了木块和石块的加入可以让水箱里的水升高到什么程度。他此时明白了体积方面的置换问题，然后搞清重量方面的置换问题就很容易了。他已经明白，当一块大理石被放进一个水箱，只让它的一部分浸入水中，那么它置换的水不等于大理石块没入水下那部分的体积，而只等于大理石块没入原来的水面之下那部分水的体积。其结果是，漂浮在水箱里的木头置换的水少于它自己的重量。按照阿基米德原理，如果水要填满水下的木块的体积，那么水的重量将会和整个木块的重量相等。阿基米德原理显然有瑕疵。

伽利略用一个非常简单的实验，来进一步证实他的新理论。他拿了一个长方形的小水箱，放进一大块和水箱四壁几乎严丝合缝的木头。他往里面浇水，直到木头开始漂浮。他正在试图证明并成功地证明，水深与木块总高度的比相当于同等体积的水的重量和木头的重量的比。但是，他也在展示某种很奇怪的情况。这种东西是随着他的新发现而来，即少量的水可以让一个非常大、重的物体漂浮起来。的确，水箱里的实际水量可能没有它托起来的木块重。按照传统解释的阿基米德原理，这是不可能的。（你不妨自己做一下，给一个冷酒器里放入少量的水，然后让一瓶酒在它里面漂浮。）

现在，伽利略终于对阿基米德原理有了一种可靠理解。按照这种理解，当你把木块放入水箱时，水箱里的水平面升高，被置换的水的体积只对应木块浸入原来较低的水线以下部分的体积，而后一种体积要比木块处于较高的新水线之下的那部分所占据的空间小得多。水箱和木块越严丝合缝，这种效果就越显著，因为水没有因木块的放入被置换到旁边（与在一片无边无际的液体里不同），而是被向上举了。伽利略已经确定，漂浮物的重量和被它在一个有限的水箱里置换的水

的重量并不相当于一台天平两头的两个重物的关系，而是相当于一个杠杆两头的两个重物的关系。阿基米德原理是一个有限案例，并非普遍原理。虽然并非本意，但伽利略已经设计了一台初级液压机。[注]

伽利略于1612年公布了这些结果。虽然它们激发了短暂、激烈的辩论，但在意大利北部之外没有引起注意。哲学家没有被说服，一如既往。数学家没有受到影响，因为按照他们的理解，这不是数学问题。伽利略曾经是一位实验科学家，时间大约有10年之久。实际上，他已经读了威廉·吉尔伯特的《磁铁论》。但是，这不是他第一次公布一系列实的结果。吉尔伯特和伽利略正在发展一种基于系统实验的新科学。但是，这几乎没有引起人们的注意。

3

要对理论进行检验的思想一点儿都不新。我们很容易证明，托勒密和盖伦就做过试验。伊本·海赛姆（965—约1040）是第一位伟大的实验科学家，他的《光学》（*Optics*）在1230年就已经被译成了拉丁语（正是在这一年，伊本·海赛姆获得了他的西方名字海桑）。[注]690《光学》很快就有了很多抄本，并且于1572年付梓。问题是伊本·海赛姆的实例为什么被广泛仿效，因为高估他的成就的重要性很难。他使用一种严格的实验方法，驳斥了标准的视力外向放射理论（之所以有视力，是自眼睛放出的光线造成的），捍卫了内向放射理论（之所以有视力，是从物体发出的光线进入眼睛造成的）。他提出了第一种对反射定律的完整表述，还研究了折射。他设计了第一种真正的暗箱，在理解眼睛生理机能上取得了巨大进步（当然，他没能明白，通过晶体被投射到眼睛后面的视网膜上的形象是倒置的）。此外，他奠定了人造透镜的知识基础。中世纪光学非常依赖他的贡献，他无疑是吉尔伯特之前的实验科学家的最佳榜样。[注]

虽然伊本·海赛姆提供了大量真实的实验，但中世纪哲学也充满了思维实验，旨在检验理论的内涵。举个例子，如果你钻一个打通地心的隧道，然后往隧道里扔一个物体，会发生什么情况？它会在抵达地心时停止吗？或者，它会径直穿过地心吗？它会不会前后摆动，直到停下来？很显然，这一思想实验不是一个可以实际操作的实验（也没有人尝试用钟摆来代替）。注但是，实验被描述的方式往往让人难以分辨是否真的做过实验，并且这一情况一直持续到了17世纪。玻意耳抱怨说，帕斯卡尔描述了一些他不可能做过的实验［在水下20英尺（约6.1米）做的］。现代历史学家对伽利略也发出了同样的抱怨（当然，不得不说，这些抱怨几乎全部是错误的）。

因此，问题在于科学革命之前是否存在过实验科学，因为很容易找到例子。或者，倒不如说，问题在于为什么例子那么少，尤其是考虑到伊本·海赛姆提供的例子和思维实验的盛行。要想确定一些相关因素，并不难。

首先，实验方法涉及体力劳动。有人辩称，与古代世界相比，基督教已经赋予了体力劳动更高的价值，修道院传统尤其如此。然而，中世纪文化对体力劳动仍有相当大的抵制，文艺复兴文化其实也是这样。首批实验者乐于动手。据说，伽利略小时候就喜爱做小机器（牛顿肯定如此），托里切利的手很巧。实验过程是一种动手的活儿。

其次，亚里士多德的自然哲学在中世纪大学里获得了主导地位，导致了对实验方法的双重抑制。其一，只要亚里士多德探讨过一个主题，不管是否详尽，那个主题都会被认为有了适当的知识（光学之所以能够发展成一个知识学科，原因之一就是，欧几里得是第一个对该课题进行了重要探讨的人，而非亚里士多德）。其二，亚里士多德传统坚持，最高形式的知识是演绎知识，或三段论知识。

就怎样从经验上升到理论概括，然后用理论概括推导出经验的事实（或者，倒不如说，现象），罗伯特·格罗斯泰特（约1175—1253）等中世纪哲学家发展出了一种相当复杂的说明。但是，关键在于，这一程序只是在没有明显的基本原理可遵循的情况下才会被运用，并且它被（完全正确地）视为完全与亚里士多德对科学知识的理解不相容。于是，格罗斯泰特主张，我们能够从基本原理知道天空中的一切运动都是圆周运动（如果那种运动不是圆周运动，那么空的空间就会在天球之间展开，而这是不可能的，因为真空是不可能的），但我们不能从基本原理中推论出地球的形状。其结果是，我们必须依靠经验来填充这一缝隙，并且经验提供了可信的证据（例如，在白天较早时候发生的日食的地点更靠近东方，在白天晚些时候则更靠近西方；当一个人向南旅行时，北极星会朝着地平线落下）证明地球是球形的。

因此，经验和实验只是被用来填充那些演绎的知识体系中的缝隙，从不被用来质疑演绎知识自身的可靠性。此外，在以亚里士多德文本为中心的课程里，这些缝隙一般意义不大。（格罗斯泰特认为地的形状完全是一个经验主义的问题。他的这一观点并非没有产生后果，因为这打开了智力空间，可以让他采纳一球体地球理论。）格罗斯泰特的做法证明他非常不关心实验程序。就这样，他系统表述了一种普遍的折射原理。但是，他只是假定它必然像折射定律那样涉及相等的角，却从未做过基本的检验。如果他做了，那么这些基本检验将证明，这一假设被放错位置了。他提出了一种新的彩虹理论。该理论强调了折射的作用，而亚里士多德只提到了反射。但是，没有证据证明格罗斯泰特曾经通过做实验来验证他的理论。1953年，阿利斯泰尔·克龙比（Alistair Crombie）出版了一部名为“罗伯特·格罗斯泰特和实验科学的起源”（Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science）的书。随着年事渐高，克龙比慢慢地收回了他在书中提出的主张。到了1994年，他心甘情愿地写道：

很难说像罗伯特·格罗斯泰特这样一位有主见的思想家，是否会觉得自己做了并发现了某种新颖的东西，超越了他的权威，不同于发现了他们表达的真正意思。罗杰·培根（1214—1294，格罗斯泰特的追随者之一，经常被称为中世纪的一位实验科学倡导者）似乎不大可能把同时代的科学工作视为被遗忘的古代知识的恢复。也许是出于这样的心理，以及出于不加批判的逐字复制，才产生了中世纪那种习惯，即仿佛出自原创地转述被报告过的观测和实验。

其三，实验方法既涉及对外部世界的研究，也涉及抽象概括能力。它需要一种在具体与抽象、直接例子与科学理论之间来回移动的能力，并且这一移动在概念和历史上是存在问题的。古希腊人从未把知识（*episteme*）视为外部世界的知识，而是认为人需要借助头脑来获取知识。在中世纪，举个例子，格罗斯泰特采纳了一种新柏拉图主义观点。这一观点认为，真正的知识以阐释为基础；完美的知识是天使的知识，因为天使不需要对现实的感觉经验就能够知道神的思想，并通过神的思想了解宇宙。这种观点产生的影响一直持续到了现代早期，以至于笛卡儿试图恢复柏拉图的知识乃不言自明的真实知识的概念，就连伽利略一有机会也把他的新科学呈现为数学证明，而非经验主义的推断。在这一传统中，知识主要是精神的、概念的、理论的，且最终是数学的。

就这样，作为一种知识学科的成员，数学家们夹在两类知识之间，备受煎熬。柏拉图和欧几里得似乎证明了一种纯抽象、理论的知识有理，而天文学、制图学、要塞学则鼓励了一种经验主义的、实用的取向。在古人中，阿基米德似乎已经跨越了这种分裂，显示了理论如何能够被用于实际目的。但是，这两种方法之间的紧张关系仍持续到了牛顿身上。牛顿一方面寻求把他的知识尽可能地呈现为纯理论，一方面又坚称它以证据为基础，并且有实际用途。

与此形成鲜明对比的是，天主教则坚守真理存在于我们之外的信条，主张基督被钉十字架和弥撒期间主的化体不是头脑里的事件，而是存在于外部世界。于是，哲学家们解释说，亚里士多德把知识的基础打在了感觉里，而感觉是外在于感知者的现实的知识。但是（这是个大大的但是），感官知觉一般感觉不到宗教真理；在弥撒中，面包和葡萄酒看上去仍像面包和葡萄酒。奇迹的重要性就在于此，因为感官知觉证实了神圣的真理。

中世纪对外在现实的强调为唯名论开辟了道路。在反对柏拉图主义和柏拉图化的对亚里士多德的阐释的过程中，唯名论坚持认为，只有具体的个人存在，抽象只是精神虚构。但是，在这么做的过程中，它几乎没有为一种从特殊到普遍倒退回来的运动留下空间。事物之所以是它们所是的东西，并不是因为某种自然法则或必然性，而是因为上帝选择让它们这样。世界自身是一种奇迹，昨天发生的事情不需要明天发生。

因此，实验方法需要在柏拉图的理想主义和原始的经验主义之间保持一种问题严重的平衡。实验者不得不坚持经验的特殊性，但他们也不得不主张普遍结论能够从具体例子中被总结出来。于是，必须用一种关于自然法则和规律性的理论来支撑实验过程，自然世界必须是那种原则上能够通过实验被阐释的世界。牛顿的同事罗杰·科茨（Roger Cotes）问道："对那些质疑的人来说，如果引力是一块石头在欧洲降落的原因，那么它是否也是一块石头在美洲降落的原因？"此外，我们必须拥有阐释世界的能力，我们的感官必须捕捉到有关的特性。狄德罗怀疑，一个盲人是否终将意识到，宇宙是有序的，因而是神创造的。当实验方法成功地解释了以前不能解释的东西，它就不仅确立了特殊的科学理论，还证实了支撑实验过程的一般方法的有效性。成功的实验构建了对实验方法的信心，失败则削弱了它。

还有一个问题，即实验是人为现象。亚里士多德哲学把自然和人为截然分开，理解其中一个不能给理解另一个提供基础。在一些案例中，这是显而易见的。例如，一个风筝无助于我理解一只鸟怎样飞，一台蒸汽机无助于我理解一块肌肉怎样发挥作用。对一个亚里士多德学派的人来说，自然物体具有它们自己内在的构成原理，而人工物体则是按照从外部强加的设计制作的。自然和人工之间的这种区别甚至更进一步，认为控制人工物体的规则不同于在自然世界中运作的规则，因而一台机器可以通过输出的功比一个人输入的功多，让这个人得以欺骗自然。伽利略第一个证明这种情况永远不可能发生。

显而易见的是，我们对我们自己制作的事物的理解，往往好于我们对自然所产生的事物的理解。这一原则可以被延伸，例如延伸到数学。我们通过数学来决定工作规则。于是，1578年，保罗·沙尔皮写道：

对于那些我们完全明白如何去做的东西，我们肯定知道其存在，也知道其原因。对于那些我们仅凭经验知道的东西，我们知道其存在，但不知道其原因。如果推测一下，那么我们寻找的只是可能的原因，但在我们觉得可能的很多原因中，我们无法确定哪一个是真正的原因。

就那些我们由于做了我们知道的东西而可以肯定的知识，沙尔皮举了数学和时钟为例。就那些我们能够提出一种可能正确的答案（例如哥白尼体系）但根本不能确定它是否正确的知识，他举出了天文学这个例子。他的朋友伽利略坚信哥白尼学说显然是正确的，但沙尔皮从来没有这样认为过。

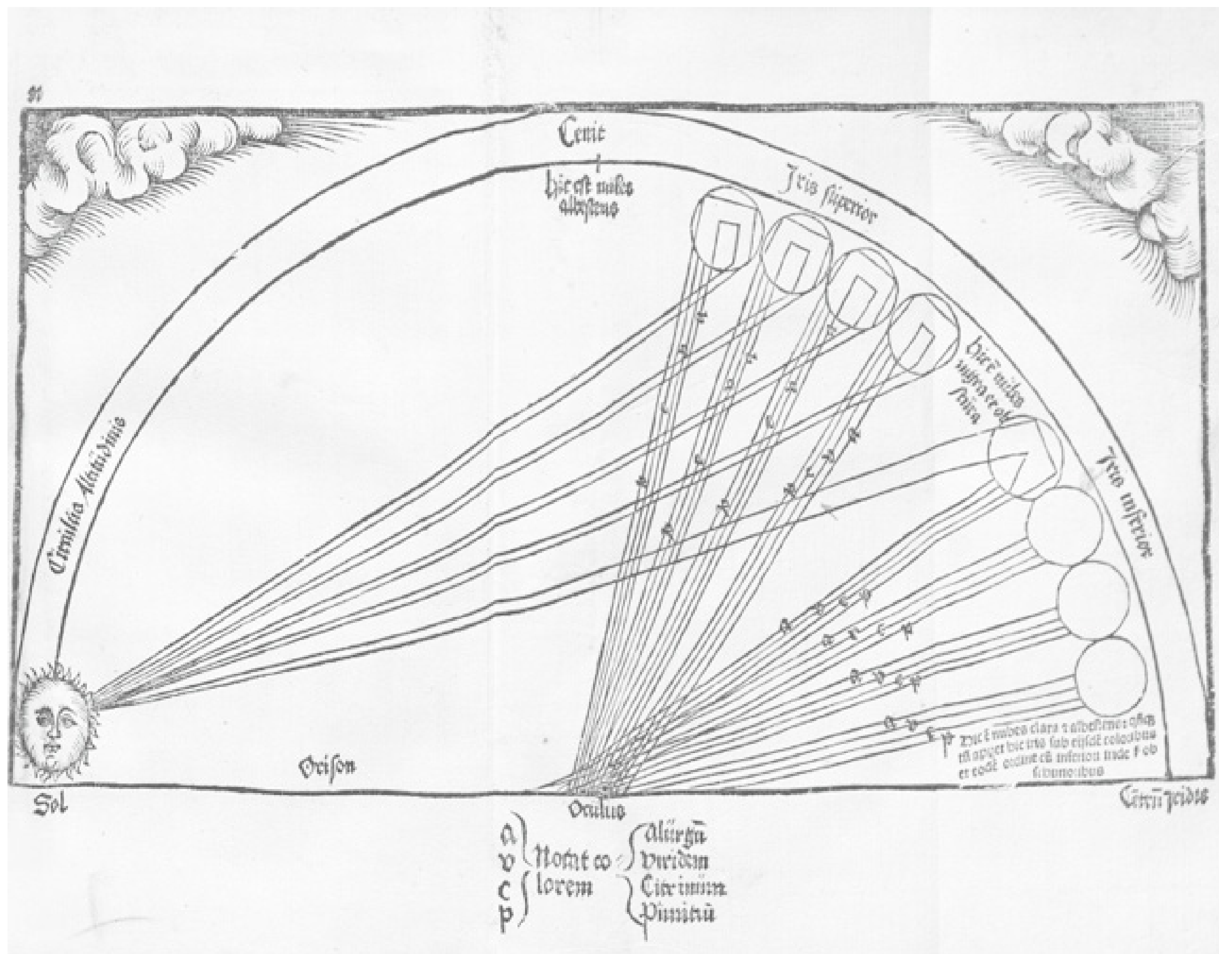
这样一种方法暗示，由实验获取的知识未必是自然如何运作的可靠向导。举个例子，我虽然能在实验室制造出真空，但这不必然意味着真空也能在自然界中产生。人们常说，威廉·哈维证明了心脏是一种泵，但泵毕竟是人造的，而心脏则是自然的。依靠这样的类比可能是

危险的。相比较而言，“制作者的知识”原则暗示，如果我的确在实验室里制造出了真空，那么我就真正理解了我制造的东西是什么。因此，对实验知识的信任要求自然/人工区别被一种信念削弱和取代。这种信念是，通过执行与自然过程一致的程序，我能够拥有关于那些过程的真正知识。

就人工制品的知识可以算作自然的知识而言，第一个将其当作原则问题加以坚持的人是弗朗西斯·培根。培根说：“人造的东西不同于自然的东西，但不是在形式和实质上，而只是在效果上。”于是，人造彩虹的知识可以让你（正如我们将在某个时刻看到的那样）理解自然彩虹的成因，即使你使用不同的方法制造了人工彩虹。在这样一种情况下，实验方法要求你在自然和人工之间顺利地来回移动。吉尔伯特声称，他所使用的小球形磁铁等于地球。皮埃尔·吉法尔（Pierre Guiffart）曾观察过帕斯卡尔做的首批真空实验。在谈及托里切利管时，他说，“在它们里面，你看到了一个微型世界”，真的看到了空气的重量。这样的主张并不简单易懂，所以耶稣会科学家热衷于反对吉尔伯特提出的地球自身是一块磁铁的主张，真空的反对者断言托里切利管是骗局，因为当水银之上的空间肯定包含某种东西时，它却显得什么也没包含。

在某种程度上，如果世界是有序、可预知的，那是因为我们发展了一些让我们控制自然的技术，通过努力使它如此的。如果我们能够模仿其过程，那是因为我们发展了我们自己的能力，能够制造类似自然的人工制品。17世纪实验方法的提倡者因而不可避免地坚持主张宇宙像个时钟，因为时钟是秩序、规律、效率原则的化身，并且制作时钟的是我们。如果我们把上帝当成钟表匠，那么我们就能够相信，他创造的应该是一个经得起实验检验的世界。在中世纪，天空已经被比作了时钟装置。如今，有人主张，同样的规律原则将在月下世界被发现。

最后，中世界肯定不存在发现文化。就连伊本·海赛姆的发现也难以被整合进那种向后看的知识体系。外向放射的视觉理论之所以依然成为一种标准理论，只是因为赞成它的作者受到了古人的支持。



这幅插图刊载于特鲁夫特于1514年出版的教科书中，与13世纪末弗莱堡的狄奥多里克对彩虹的研究相伴。它显示，在形成一道彩虹的过程中，在穿过一个水滴时，来自太阳的每道光线都两次被折射、两次被反射，然后才抵达了眼睛。当光线从水滴中出现时，白光已经被分成了一排颜色。

这五种因素有助于解释实验科学为什么在中世纪环境中取得的成功有限。举个例子，拿弗莱堡的狄奥多里克（Theodoric of Freiberg，约1250—约1310）来说。他做出了整个基督教中世纪最引人注目的实验工作。关于彩虹，狄奥多里克提供了第一种令人满意的解释。其中涉及了对亚里士多德的直接批判。[注]亚里士多德曾说彩虹是反射的结果，而狄奥多里克则证明彩虹是每滴水中的两次折射和两次反射的结

果。亚里士多德否认黄色真的呈现在了彩虹里，仅识别出三种颜色。狄奥多里克则坚持认为，黄色是彩虹中的第四种颜色。他的分析在一定程度上依赖的是检查他在日常生活中遇到的类似彩虹的形象，如旋转的水车溅起的水花，蜘蛛网上的水珠。但是，他也研究了一道光线进入一个注满水的玻璃球时发生的情况。他依据的理论是，就一道光线进入一个雨滴所发生的情况来说，这将提供一个优良的模型（他使用了一个尿瓶，还有一个球形玻璃泡，其中尿瓶是中世纪医生的标准装备）。大约在同时，卡迈勒丁·法里西（Kamal al-Din al-Farisi）独立地在暗室中做了一个相似的实验。就像狄奥多里克那样，他也利用了伊本·海赛姆描述的实例，并且很可能使用了尿瓶。

狄奥多里克关于彩虹的小册子仅有三个抄本存世。不仅如此，就我们所知，在中世纪，对他的发现仅进行过一次探讨。没错，雷吉奥蒙塔努斯计划出版狄奥多里克的著作。但是，雷吉奥蒙塔努斯计划出版的其他文本都及时出版了，可狄奥多里克的文本却没有出版。1514年，一本物理学教科书简要介绍了狄奥多里克的观点。这本教科书旨在供埃尔福特的学生使用（一段甚至更短的总结出现于1517年，这次没有任何插图）。没有证据证明这些总结产生了影响。狄奥多里克的工作之后就完全消失在了人们的视野之中，直到19世纪被再次发现。尽管在很大程度上只是重复了狄奥多里克和法里西的工作，但当笛卡儿展示他对彩虹的研究时，他不得不从挠头开始。因此，重要的是要看到，我们虽然称赞狄奥多里克是一位重要的科学家，但我们的判断基本上犯了时代错误，因为他在他的同时代人和继承者眼里似乎并不重要，他的影响可以忽略不计。如果采取对亚里士多德的《气象学》做注释的形式，如果不依赖难以精确复制的详细插图，那么他的工作被保存和复制的可能性要大得多。《气象学》被最为广泛阅读的注本是泰莫·约达艾的注本，其中根本没有提及狄奥多里克。

关于伊本·海赛姆的工作，我们也许可以得出相似的观点。《光学》的阿拉伯语原本仅有一个完整的抄本存世（伊本·海赛姆撰写了

200个文本，其中绝大多数已经失传）。就他的光学著作而言，我们所知的唯一一个阿拉伯语注本（现代之前）是法里西的注本（1309年）。在拉丁西方，与穆斯林东方相比，伊本·海赛姆受到的探讨要广泛得多。但是，即使是在西方，他的著作也只是被当成了文本，而非实验方法手册。就我们所知，无人复制他的实验。于是，无论是在阿拉伯文化还是中世纪文化中，实验方法的地位都不明确。它存在，但不被欣赏或模仿。它被当作一种知识，但只是一种边缘知识。在这两种文化中，只是到了为彩虹寻找解释的时候，伊本·海赛姆才被视为一种可以模仿的范例。这是因为，对绝大多数中世纪作家来说，学问只需从书里找，只需接受抽象推理的检验，这样的学问在事物中很难找到实例，也不能被实验检验。

4

因此，在1648年，实验方法并不是前所未有的。有一些不错的先例，其中之一（伊本·海赛姆的《光学》）尽管罕被模仿，但广为人知。更确切地说，实验知识的重要性和地位在17世纪经历了一场特殊变化，从边缘移向了中心。(注)康德（Kant）主张，17世纪的实验方法［他引用了伽利略、托里切利和化学家乔治·斯塔尔（Georg Stahl）］代表着“一场知识革命的意外结果”，标志自然科学进入“科学大道”的时刻。就这种判断来说，如果不将这种说法理解成主张伽利略和托里切利是首先做了实验的人，而是理解成在他们以前的实验不过被看成支流，那么这些论断就是合理的。最重要的是，实验方法开始直接与亚里士多德做出的核心主张发生冲突。与此同时，那些做实验的人不再是单打独斗了，他们成了一个实验网络的成员。实验知识的地位和重要性发生变化的原因究竟是什么呢？我们需要更详细地了解发生的情况。

在现代早期，磁铁是实验探索的第一大领域。这一课题基本上不存在古典注释（因为罗盘在古代不为人知），意味着与其他课题相

比，实验方法面对的障碍较少。此外，罗盘在航海中的重要性意味着，磁铁必然成为一种探讨课题。就对磁铁进行实验研究而言，皮埃尔·德·马里古（Pierre de Maricourt）的《关于磁铁的信》（*Letter on the Magnet*，1269）报告了首次尝试。皮埃尔描述了磁铁的极性，证明了相同的极互相排斥，相反的极互相吸引。他还描述铁怎样能够被磁化。尽管存在39个抄本，但没有证据证明它引发了进一步的实验工作，直到它最终于1558年以印刷本出现。就像伊本·海赛姆那样，像狄奥多里克那样，皮埃尔·德·马里古没有直接继承者。

到了1522年，塞巴斯蒂安·卡博特（Sebastian Cabot）已经发现了罗盘的磁差。罗盘指针并不指向真正的北方，而是向东或向西偏一些，并且它偏离真正的北方的程度有变化，取决于你处在地球表面上的什么地方。这对任何关于罗盘工作原理的解释都造成了根本性难题，但这也提出了一种令人兴奋的可能性，即磁差也许足够有规律，可以被用来测量经度。由于经度是航海领航员知识缺失的一块，所有现代早期磁铁研究都留心于弥补这种缺失的可能性。

从年代上讲，莱昂纳多·加佐尼的论文（在第七章中讨论过）是现代实验科学的首部重要著作。但是，在这里，年代具有误导性。这是因为，在一些重要方面，它们不过是不稳定的中世纪实验传统的延续。它们的概念装备是亚里士多德的，并且它们寻求应对亚里士多德知识体系中的一个缝隙或异常。它们回应了那个探险和发现的时代，但意图仅在于保存和保护传统哲学的概念装置。不仅如此，正如在他之前的中世纪实验主义者那样，加佐尼几乎没有产生影响。对他的同事来说，他的工作只具有边际利益，除非它能被证明可以产生一种确定经度的办法。他的手稿仅有一个抄本存世。后来的耶稣会理论家之所以重新发现了他的著作，仅仅是因为他们需要用来反对威廉·吉尔伯特的手段。没错，正如我们已经看到的那样，德拉·波尔塔取得了加佐尼的论文并且从论文中大量偷窃材料，而且至少检验了自己关于大蒜和钻石的主张，但这是因为磁性课题涉及隐藏、无法解释的力量，刚

好落入了自然魔法的领域。这不是因为德拉·波尔塔接受了加佐尼的指引，转向了一种新的思考方式，或一种新的、更为可靠的实验做法。

吉尔伯特的《磁铁论》将我们带入了一个不同的世界。实际上，他自称投入了一种新型的哲学化。（如果他读过加佐尼的著作，他是否会以同样的自信做出这种断言呢？这是一个有趣的问题。）对吉尔伯特来说，实验方法是替代亚里士多德的一个选择，而非补充。他的哲学目标是做出新发现，而非对现有的知识体修修补补。德·马里古和德拉·波尔塔是吉尔伯特的关键来源。我们可以断定，他认真地重复了他们的实验。他之所以知道德拉·波尔塔正在抄袭一个后者一知半解的来源，原因就在于此。他还有一个优势，即罗盘的磁倾角（就是说，它有从地平线向下指的倾向，不同的地方向下指的程度不同）已经于1581年被罗伯特·诺曼（Robert Norman）发现。吉尔伯特第一个意识到了地球自身是一块磁铁，这也就是罗盘指针指向北方的原因。在他之前，包括迪格斯在内的一些人已经掌握罗盘指针不会被吸引向一个特殊位置，无论是在空中还是在地球上，但他们没有更进一步，把地球当作一块磁铁来思考。但是，这并不是吉尔伯特的雄心的极限。他寻求证明（以马里古的一个暗示为基础）磁铁具有一种绕着它的轴旋转的自然倾向。他声称，就哥白尼归于地球的三种运动来说，这至少给其中之一提供了解释。就这样，吉尔伯特做了与天文学有关的磁铁实验，而天文学是自然知识的一个已经被广泛接受的分支。但是，与此同时，他没能达到他的终结目标。他没能设计一种实验，让它的磁铁在其中自发旋转。

1616年，哥白尼学说刚受到攻击，吉尔伯特诠释的哥白尼学说招致了来自正统天主教学者的敌视。于是，尼科洛·卡比欧在很大程度上复制了加佐尼的观点，继续坚持存在两种单独的倾向，即铁被磁铁吸引和磁铁指向北极的倾向，而非吉尔伯特所主张的只有一种基础现象，铁被吸引和指向北极两种现象都可以被归纳为基础现象的不同方面。吉尔伯特诠释的哥白尼学说也引发了来自伽利略、开普勒等哥白

尼派的有利回应。伽利略说，他自己的方法非常像吉尔伯特的方法。开普勒则把吉尔伯特对磁性的解释当作一种模式，来解释那种可能在绕太阳轨道上驱动行星的力。但是，在吉尔伯特之后，对磁铁的研究没能发现使实验知识成为可能的规律性。不仅磁差和磁倾角在不同的地方变来变去，而且在1634年，一群英国实验者声称磁差随着时间而波动。这有赖于他们对在间隔数十年时间里做的一些测量的可靠性的信心。其他人则迅速把这些发现当作有缺陷的技术产生的结果而加以摒弃。自然不可能如此反复无常。然而，否定者最终被迫承认，不仅磁差随着时间而变化，磁倾角也是如此。如果成功的实验方法依赖合算的、有规律的自然，那么吉尔伯特之后的磁铁研究似乎削弱了对事实正是如此的坚信。

德·马里古、诺曼、加佐尼、德拉·波尔塔、吉尔伯特究竟有什么共同之处呢？“完全没有。”德·马里古是一位数学学者，似乎还是一名士兵。诺曼是一名水手，从有学问的人那里接受建议。加佐尼是耶稣会修士，威尼斯贵族，经院哲学家。德拉·波尔塔是那不勒斯贵族，以神秘学问为职业。吉尔伯特是一位英国医生，也是新哲学的倡导者。德拉·波尔塔痴迷于感应与相克，而加佐尼和吉尔伯特则拒绝使用这样的分类。这个“根本没有”很重要，因为它削弱了对实验科学起源的标准说明。它不会像马克思主义作家所做的那样，主张16、17世纪的实验涉及了知识分和工匠之间的一种新合作。这是因为，早在1269年，德·马里古就已经说过，任何研究磁铁的人都必须“非常勤勉地用他自己的手”。因此，手的灵巧在16世纪不算新鲜事。此外，没有任何东西暗示加佐尼和熟练工匠的世界有联系，他肯定心灵手巧。对磁差和磁倾角的研究显然依赖领航员和知识分子之间的合作，但整个制图学都是如此。这同时也给我们留了一个问题。如果吉尔伯特是一种新型科学家的典范，那么使这种新科学成为可能的是什么？

罗盘可以让你在看不见陆地的情况下航行，因此爱德华·赖特（Edward Wright）写的《磁铁论》前言信自然而然地提及了英国海员

进行的全球航行。但是，在他自己写的前言中，吉尔伯特描述的自己仿佛在一个迥异的海洋上航行，也就是书的海洋。不仅如此，说真的，他要么大量购书，要么能够进入一座藏书可观的图书馆，因为《磁铁论》以第一次系统的文献回顾开始。吉尔伯特已经阅读了关于磁铁的所有文献。古代或中世纪作家无人能够做到这一点（至少从亚历山大里亚大图书馆在公元前48年被付之一炬以来是这样）。吉尔伯特可以自信地宣布，他已经做出了新发现，因为他完全清楚以前已知的东西。他坚持认为，知识并不仅仅来自书本，也来自对事物的研究。然而，一个简单的真相是，对他的研究来说，书的海洋和真实的海洋同样重要。

因此，我们也许想主张，改变了实验的地位的是书。或者，倒不如说，在这一情况中，改变了实验的地位的是藏书丰富的图书馆。通过使过去的知识具体化，图书馆使新知识成为可能。就解剖学的情况而言，仅仅维萨里的《人体之构造》就起到了整整一座图书馆的作用。但是，每个新领域都要求一种相似的事业，即吸收现有知识，然后新发现才有可能开始。正如我们在第七章看到的那样，印刷制作事实。这一章刚开始还寻找了一会儿，想看看印刷是否也制作了新的实验科学。

但是，对吉尔伯特来说，重要的不仅是书本知识，或做实验。他的新科学还有第三种元素。他认为：

一些博学的人……已经在长途航行的过程中观测到了磁差的不同，其中最有学问的人是托马斯·哈里奥特、罗伯特·休斯（Robert Hues）、爱德华·赖特、亚伯拉罕·肯德尔（Abraham Kendall），他们都是英国人。还有一些人发明并制作了对海员和那些到远处旅行的人而言不可或缺的磁性仪器，以及可以使用的观测方法，如威廉·伯勒（William Borough）在其小书《罗盘或磁针磁差》（*The Variation of the Compass*）中所描述的那样。还有一些人发明并制作了磁针，如威

廉·巴洛维（William Barlowe）在其《补给》（*Supply*）、罗伯特·诺曼在其《新吸引》（*Newe Attractive*）中所描述的那样。首次发现磁针的倾斜（即倾角）的，正是罗伯特·诺曼（熟练的海员和心灵手巧的技工）。

吉尔伯特就这样答谢了一小群专家，他们中有很多是他认识的（例如哈里奥特、伯勒和诺曼，爱德华·赖特是一位亲密的合作者）。从盖伦到加佐尼，以前的所有实验者似乎都是独立工作的。在这里，我们则第一次有了一个起作用的科学群体。吉尔伯特的工作质量在一定程度上有赖于他属于这一群体。毫无疑问，后来对磁差的变化的发现依靠的是一个联系密切的专家群体。这些专家使用相同的仪器和技术，并互相承认对方在很长的时间内做的测量的精确性。

5

要高估吉尔伯特的《磁铁论》的影响很难。这不仅是因为人人都对磁铁感兴趣，也是因为实验方法第一次被呈现为有能力从传统哲学探究那里接管并改变哲学。吉尔伯特事业的核心是一种断言，即你能够复制他的实验并证实他的结果。他的书实际上是一部实验秘方汇编。1608年，在帕多瓦，伽利略复制了吉尔伯特通过把铁丝盘绕在磁铁上武装磁铁的技术（但他没有承认是从吉尔伯特那里借来的），用它创造了他所谓的世界最强磁铁，并立即把它卖给了佛罗伦萨大公，得到一大笔钱。其他人也肯定复制并检验了吉尔伯特的实验，尽管可能再没有人从中找到生财之道。接下来，值得一提的是，没有记录显示有人曾声称，吉尔伯特的实验结果不能被复制。复制是科学史中一个长期存在争议的问题，但只要涉及磁学史，事情就简单了，好的结果能够被复制、重复，坏的结果（其中会包括加佐尼的一些结果）则不能被复制。

如果不存在某种形式的出版，或至少不存在某种形式的交流，也就不可能有复制。有两位科学家几乎同时发现了支配落体加速度的定

律，分别是哈里奥特和伽利略。哈里奥特没有跟别人说过他的结果。在做出发现数十年后，伽利略终于在1632年出版了自己的结果。他认为，如果抛开空气阻力，重物和轻物会以相同的速度降落。因此，如果你同时从一座高层建筑上抛下一个滑膛枪弹丸和一个大炮弹丸，或抛下一个木球和一个铅球，那么它们会同时抵达地面。没过多久，各种各样的人就开始从高层建筑上抛物体，得到的结果千变万化（有人可能认为，同时抛两个物体实际上要困难得多，测量第一个物体落到地面时二者之间的距离也很难）。1633年，在法国，马林·梅森非常认真地复制了伽利略的实验，进行了精确的测量。正统的亚里士多德学说认为，物体以不变的速度降落，较重的物体降落的速度较快。伽利略则认为，它们降落时会加快速度，且它们全都按照相同的原理加快速度。他的主张激起了对精确复制他的实验的普遍关注，因为亚里士多德正统学说此时危如累卵。

1638年，伽利略公布了一种主张。他认为，如果真空泵或密封管子里的水柱超过一定高度［他说是32英尺（约9.75米）］，那么水柱就会下降，在它上面留下真空。他（正确地）认为，问题的关键是水的重量。这就像一根荡来荡去的绳子如果够长，那么它就会因其自身重量而断裂，因此到了一定高度，水柱就会破裂。把水柱拢在一起的是一种自然力，即对形成真空的抗拒力。对理解材料的强度来说，这种力是一个主要因素。这与正统的亚里士多德哲学相左，后者认为不可能存在真空这样的东西。

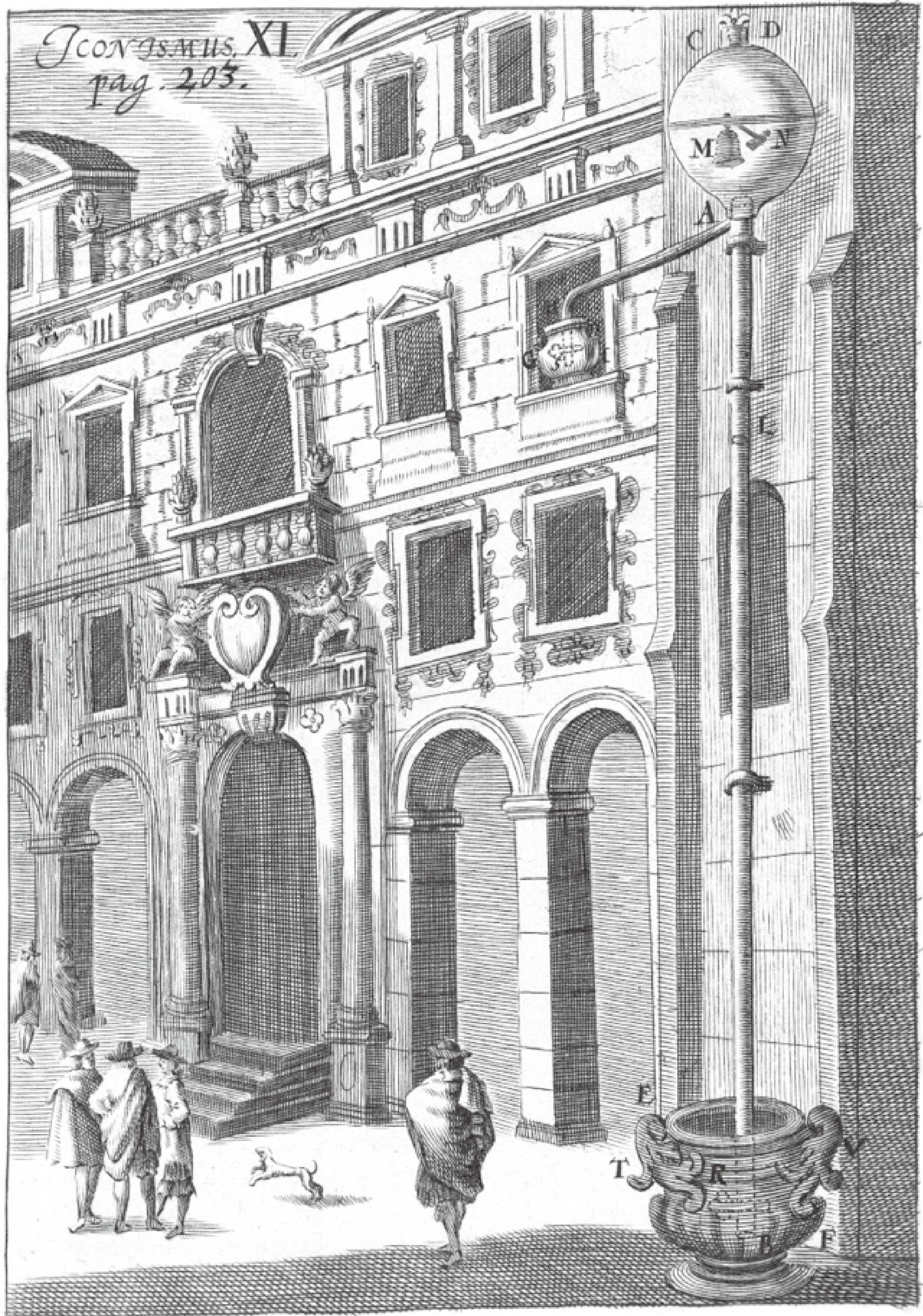
根据经验得知，如果让真空泵把水提升得超过18肘尺［约35英尺（约10.7米）］，那么它们就会停止运作。关于这一点，伽利略的朋友乔瓦尼·巴蒂斯塔·巴利亚尼提出了一种替代解释。加利亚尼解释说，达到了一个特定的点，水的重量就会被一直压在我们身上的空气的重量平衡；超过那个点，水柱就无法上升；如果水柱在一个没有泄露的真空泵里，就会形成真空。抗拒形成真空的“抗拒力”是不存在的。尽管如此，伽利略仍坚持他的解释。不过，无论怎样，伽利略和巴利亚

尼的主张都击中了亚里士多德物理学的核心。吉尔伯特渴望做的事情，伽利略实际上已经做了，他宣布了一些完全与公认的哲学观点相悖的发现。一支游击队一开始不过是拔掉了敌人的据点，干扰了通信。但是，接下来，如果它聚集了力量，那么它最终会从打了就跑的攻击转向与敌人大规模作战。伽利略的《关于两大世界体系的对话》就是与传统天文学进行的一场全面交战，他的《两种新科学》（1638）代表着对亚里士多德物理学的全面攻击。尽管关于哥白尼学说的争执被神学家的干预扭曲了，但关于物理学的争议却得以在没有这种干预下发生。战斗开始了。

1638年后不久，在罗马，一群正统的哲学家开始着手证明伽利略关于真空的观点是错误的。加斯帕罗·贝尔蒂（Gasparo Berti）制作了一根长铅管，在一端留一个口，将水注入，两头密封好，然后把它倒放在一桶水里，拿掉底部的密封。刚开始的时候，顶部没有出现空的空间。但是，接下来，他意识到，他不应该从地面开始测量水柱的高度，而应该从水桶里的水的顶部开始，并把管子提升一些。结果，水柱立即下降，一个空的空间出现了。但是，它真的空吗？光穿越了它。一个铃铛被放进了管子的顶部，它还可以响，因此似乎存在空气。（铃铛的振动必然是被支撑它的支柱传导的，而非被空气。）他们的结果不具有决定性。他们既没有驳倒伽利略的观点，也没有证实它，只是制造了一种异常。于是，哲学家把他们的思索转到了别的东西上去了。后来，甚至没有人记得他们是在哪一年做的这个实验，当时也没有人就它写点儿什么。

然而，在佛罗伦萨，伽利略的弟子托里切利听说了贝尔蒂在1643年做的那个试验。他意识到，他可以使用一种密度更大的液体来简化问题。一个装着水银的管子的长度应该是装着水的管子的1/4。如果32英尺（约9.75米）水是产生真空的关键高度，那么需要的水银高度就只有2英尺（约0.6米）多。于是，他用水银重复了那个实验，重新制造出了那种异常的空间。他得出了和巴利亚尼相同的结论，即那个空

间包含着一个真空，水银的重量被空气的重量平衡了。他写道，我们生活在一个空气的海洋之下。由于空气在一些日子里似乎比在其他日子里重，于是他推理出，他应该能够测量空气变化的重量。但是，他的气压计产生了令人困惑、不一致的结果（可能是因为在他灌入水银时，气压计是潮湿的）。于是，他就把它放下了。然后，他就去世了，不知道别人已经取得了成功。


ICONISMUS. XI.
pag. 203.
C
D
M
N
A
L
E
T
R
V
B
F

伽利略主张，如果水柱超过约11米高，真空就会出现。为了驳斥他的观点，正统的哲学家做了在一根注满液体的高管子里创造一个真空的尝试。上图就是肖特对这次尝试的描绘（在那个事件过去约25年后）。管子顶部的空间已经被扩大，以容纳一个铃铛。这样做是根据一个理论，即如果存在真空，就听不到声音。加斯帕罗·贝尔蒂的实验不具有决定性（铃铛传出了声音，暗示不存在真空），但为托里切利用水银替代水的决定提供了灵感。在尼科洛·祖基（Niccolò Zucchi）的《普通实验》（*Experimenta vulgata*，1648）中，贝尔蒂的实验首次以印刷文字得到了描述。

在法国，梅森收到了一份关于托里切利实验的混乱报告，并试图复制它，但由于缺乏合适的玻璃管，没有获得成功。此后不久，到了1644年年底，他去佛罗伦萨旅行，在那里见到托里切利。然后，他去了罗马，可能在那里目睹了托里切利试验。在返回法国后，他再次试图复制那种实验，但他的玻璃管材质量不够高，依然没有取得成功。1646年秋，皮埃尔·佩蒂特（Pierre Petit）和他的朋友布莱兹·帕斯卡尔在鲁昂成功地做了那种实验。佩蒂特听说过它，但以前从来没有见过。然后，帕斯卡尔重新发明（因为他对它一无所知）最初在罗马做的那种实验，用红酒代替水，为的是更容易看到结果。佩蒂特的实验曾经在公共场所做过，但没有证据显示它引起了注意。帕斯卡尔的实验则不同，它是在一次公开表演中做的，但仍没有理由认为，帕斯卡尔打算很快出版相关报告。然而，当别人开始讨论他做的实验的意义时，他匆忙出版了他自己的报告（1647年），为的是确立他的领先主张。帕斯卡尔给他在巴黎的所有朋友都送了报告的副本。他还给法国每座他认为可能有人对报告感兴趣的城镇送了副本，可能是送给了书商，因为仅给科列蒙—费昂一地就送去了大约15—30本。梅森给瑞典、波兰、德国、意大利送了副本，实际上到处都送。实验的地位正在改变，帕斯卡尔和梅森为实现这一目标竭尽所能。

按照温琴佐·维维亚尼（Vincenzo Viviani）的说法，大约在1590年，整个大学的人都聚在一起见证了年轻的伽利略曾经从比萨塔上抛下了一些物体。维维亚尼说伽利略做过这种实验，这也许是真的。但是，伽利略不是第一个做这种实验的人，朱塞佩·莫莱蒂（Giuseppe Moletti）在1576年（但从未出版）、西蒙·斯蒂文（于1586年出版，但

没有引起注意，在一定程度上是因为他是用荷兰语写的）已经做了相似的实验。就伽利略的早期实验来说，除了维维亚尼在很久之后做的记述，没有任何证据证明，人们曾聚在一起观看。在假定他们围观的过程中，维维亚尼把实验的地位得以确立的时间提前到了伽利略的青年时代，而实验的地位在17世纪30年代才得以确立。维维亚尼在1639年成了伽利略的助手，写伽利略的生平则是在1654年。另一方面，帕斯卡尔的实验的确吸引了人群。

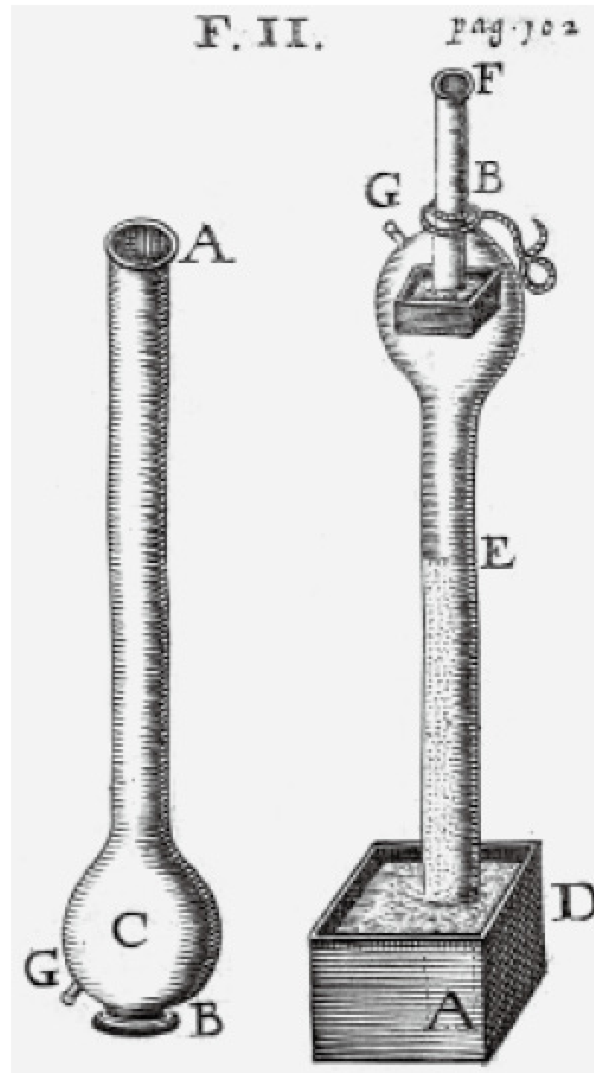
到目前为止，真空实验的过程是一个关于意外和差之毫厘的故事。贝尔蒂的实验没有得出清晰结论。巴利亚尼和托里切利把理论搞对了，但托里切利实验的作用不十分明显，最初抵达法国的报告没有传达他的理论，没有提供充分的详情使试验得以复制。从1646年起，人们纷纷重做托里切利实验，尽管水银很贵，获得足够结实、一头密封的长管子依然很难。实际上，托里切利实验迅速走红。1654年，“famous experiment”这一短语在英语中首次被使用，指的就是它。1663年，一位意大利作家则称其为“*famosissima*”（著名的）。

一旦托里切利实验被人们当作一种基本模式而接受，那么就有可能设计各种变体。这很重要。首先，帕斯卡尔发明了一种方法，可以把气压计放进托里切利管顶端的异常空间。当主管里的水银跌到27英寸（约68.6厘米）的高度，托里切利空间里的第二个气压计就会跌到零（或接近于零）。帕斯卡尔等人对这一实验做了各种改正和改进。“虚空中的虚空”实验似乎证实，在托里切利管里，不（或几乎不）存在大气压力。其次，帕斯卡尔设计了多姆山实验。其三，罗伯维尔设计了一种实验。在这一实验里，一条鲤鱼的膀胱被摊平、密封，放在了托里切利管的顶端。当水银下降时，膀胱被留下并鼓起来，好像充满了气。对这一实验的解释非常复杂，但罗伯维尔主张，如果鲤鱼膀胱看似没有空气而其实有空气，那么托里切利空间也应该有空气（当然，量很小）。

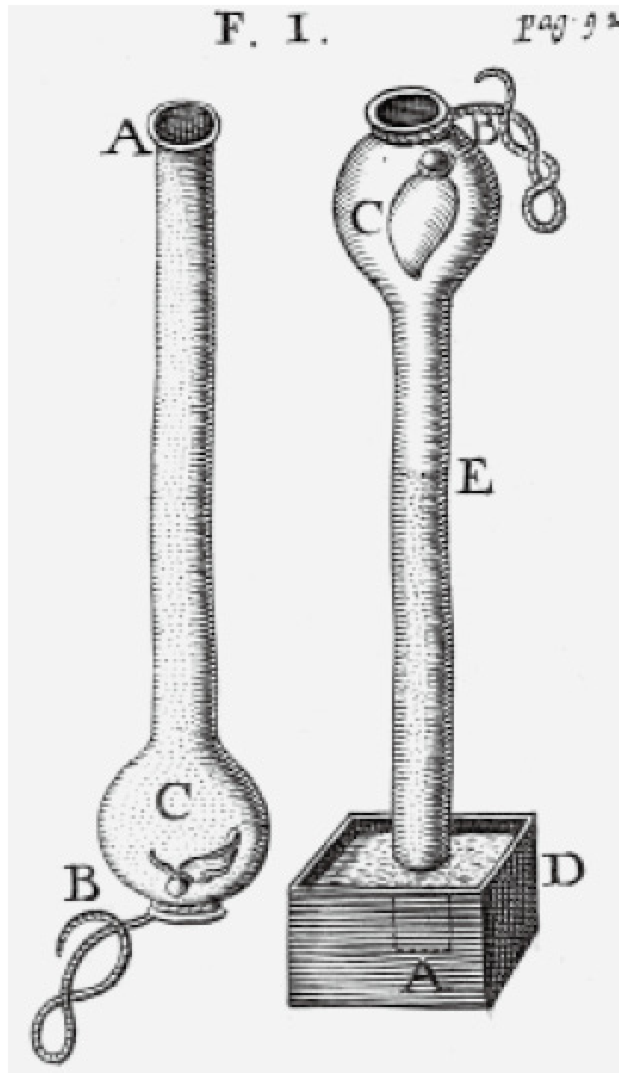
在考虑空气的膨胀和稀薄化的过程中，罗伯维尔发明了“the spring of the air”（空气的弹性）概念。在其于1660年出版的《新实验》中，玻意耳进一步使这个概念闻名于世。玻意耳定律（1662年）则将其系统化了。罗伯维尔的确没有使用“spring”这个词，而是从梅森那里借来了拉丁语词“*elater*”（它与“*elastic*”词根相同。“*elater*”是拉丁语版本《新实验》中对“spring”的翻译）。但是，玻意耳没有承认从罗伯维尔那里借用了这个概念。这显示，理论中的知识产权确立比其他种类发现中的知识产权的确立要慢，例如实验的设计。然而，在1662年，玻意耳已经小心地承认，一些人对玻意耳定律的形成做出了贡献。此外，到了1677年，知识产权的概念肯定已经得到了确立。当时，奥尔登堡在《哲学汇刊》中抱怨道，玻意耳著作的一个拉丁语文本不经他同意就在日内瓦出版，并且没有记录原著首次出版的日期。这有可能造成一种假象，让人认为玻意耳剽窃了他人，而实际上他们剽窃了他。在《第二补编》（*Second Continuation*）中，玻意耳（或者倒不如说他的出版商代表他）回应道：“因为尽管一些作家非常巧妙，在他们的著作中提到了我们作者的名字，然而更多作家的做法却不同，他们以剽窃的方式，把我们作者的很多实验以及解释它们的一些推论转移到了自己的著作中，连原作者的名字都没提。”数年前，在就有关托里切利实验匿名撰文时，首席法官马修·黑尔（Matthew Hale）曾急切地表示自己已经提到了信息出处，之所以这样为的是“尽可能避免剽窃的污名”。

在我们看来，谁发明了一种新思想，就有权利得到承认。但是，在当时，这一思想还基本上是新的。如果我们回顾14世纪的巴黎哲学家，看看奥雷姆、布里丹、萨克森的阿尔伯特、皮埃尔·德阿伊，就会发现，那时的学者彼此转述观点，却没有记录谁提出了特殊的观点。于是，历史学家依然无法从谁影响了谁这方面来写巴黎学派的历史。对14世纪的哲学家来说，成为第一没那么重要。这一现象直到1629年依然存在。当时，尼科洛·卡比欧出版了《磁性的哲学》。这本书几乎全部取自莱昂纳多·加佐尼未出版的手稿，实际上大多还是一字不差地

照搬，却没有承认。到了1654年，这一情况还存在。当时，帕斯卡尔完成了《液体的均衡论文集》（*Treatise on the Equilibrium of Liquids*）。在这部书里，他大量引用斯蒂文、贝内代蒂、伽利略、托里切利、笛卡儿和梅森的著作，但根本没有提及他的任何前辈。到了1660年，情况依然如故。这一年，玻意耳（他有高度发展的产权意识，但肯定没有做错的意识）借用罗伯维尔的著作，也没有承认。但是，到了1682年，这种情况正在迅速消失。当时，他对他人的借用（依然有可能是完全没有恶意的）提出了抗议。1687年，玻意耳的朋友戴维·阿伯克龙比（David Abercromby）宣布，他要写一部专著，写一部波利多尔·维吉尔没能写的书，即一部关于各个时代的发现的历史。书中将包括一切“新发明，无论是观念、机器，还是实验”。这将是一部对他所谓的“作家”的研究，即对发现者和发明者的研究。他说：“这里的作家指的是那些真正的作家（与剽窃相对，或与那些仅做出增量改进的人相对），以及任何有用知识的第一发明者。”



阿德里安·奥祖（Adrien Auzout）的虚空中的虚空的实验，来自让·佩凯（Jean Pecquet）的《新解剖实验》（*Experimenta nova anatomica*，1651）。在这一实验中，一个气压计被插入了另一个气压计顶部的托里切利虚空中，来测量那里的大气压力。第二个管子中的水银没有上升，说明那个空间里没有任何大气压力。当空气被引入了第一个气压计顶部的空间，它里面的水银向下落入了水箱，而第二个气压计中的水银则升到了27英寸（约68.6厘米）的高度。



吉尔斯·德·罗伯维尔的鲤鱼膀胱实验。把一个鲤鱼膀胱的空气全部挤出，绑上，放进托里切利虚空。它迅速膨胀，证明留在里面的一小点儿空气有着非凡的弹性。罗伯维尔认为，这证明托里切利虚空中一直有空气，尽管很少。

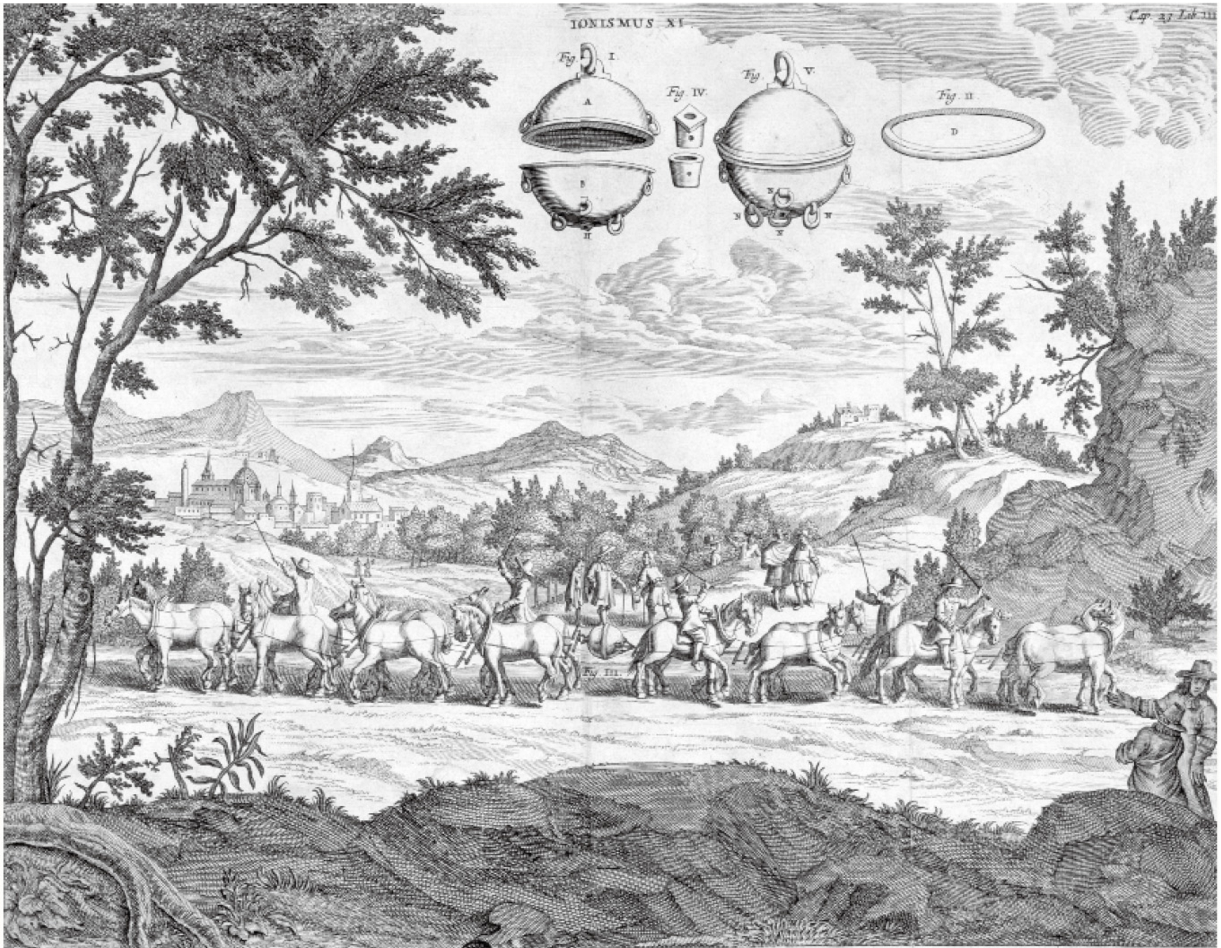
1646—1648年，一小群分散在法国各地的实验者（帕斯卡尔、罗伯维尔、奥祖、佩蒂特、佩里埃、伽桑狄、佩凯）同时在就真空实验开展工作。让他们齐心协力的是他们与梅森的共同友谊。他们与梅森书信往来，在巴黎时在他家里聚会。他们从事的事业不同，但他们认为自己首先是且最重要的是科学家，他们中有很多人为纯数学做出了较大贡献。他们既竞争又合作，（在很大程度上）互相信任，相信他们自己的贡献会得到承认。他们互相交流他们的手稿。举个例子，罗伯维尔从未出版过有关其真空实验的著作，但他写的一封描述法国实

验项目早期历史的信曾在波兰出版，他的一些实验被一个对手在印刷文字中描述；他的鲤鱼膀胱实验被佩凯在1651年出版，收录在一部主要致力于新解剖研究的书（1653年，这部书被从拉丁语翻译成了英语）里。出版物在这个群体里很重要，但没有私下或半公开的通信重要。梅森给意大利、波兰、瑞典、荷兰的人写信，宣布了帕斯卡尔的多姆山实验。同样值得注意的是，梅森的朋友虽然合作，但彼此意见不一。他们都认识到了实验探索的价值，但在如何解释结果上有不同看法。

梅森于1648年去世，在法国做的真空研究几乎没有取得更大进展。但是，英国（在那里，亨利·鲍尔立即复制了佩凯的实验）和意大利，阅读帕斯卡尔和佩凯的著作的不乏其人，正如加斯帕·肖特的《机械学》（*Mechanica*，1657）那样。肖特不仅报告了贝尔蒂最初在罗马做的实验，还报告了冯·居里克建造了一台真空泵。冯·居里克证明，如果把两个半球里的空气抽出来，它们会被大气压力紧紧地挤在一起，就连马队也不能把它们拉开。正是在肖特的书的启发下，罗伯特·玻意耳在英国建造了他自己的空气泵。真空实验于1657年在佛罗伦萨重新开始，恐怕也不是巧合。如果从1643年的托里切利开始，到1662年玻意耳定律被发现，你就所有已知做过气压计实验的人列一个表，那么这个表上列出的人名将毫不费力地达到百人之多。这100人组成了首个分散的实验科学家群体。[注]

实验产生新知识。但是，如果知识不流通，那么取得更大进步的概率就微乎其微。托里切利的气压计代表着第一种标准化的、可以普遍获得的实验装置，人们设计出的用气压计做的实验的各种变体（如向托里切利空间里释放昆虫）数不胜数。实验过程第一次有了观众（在多姆山山顶围着佩里埃的一小群人是其象征），第一次成了一种合作加竞争的过程。

正如有人预测的那样，这第一个成功的实验群体改变了科学群体的构成及运用方式。尽管梅森曾希望成立一个主要通过通信方式发挥作用、真正的学会，但他的群体是一个非正式群体，不过是聚会、互相通信而已。较早时候，倒是存在过半科学的学会。德拉·波尔塔就组建过一个致力于神秘知识探索的学会（宗教裁判所迫使他将其关闭），他和伽利略都曾属于塞西亲王（Prince Cesi）创立的锐眼学会。(注)在其乌托邦式的《新亚特兰蒂斯》（1626年）中，培根曾想象过一个正在运作的科学学会。就建立一个通过通信运作的“看不见的学会”而言，梅森不是第一人，也不会是最后一人。他自己的网络就是从佩雷斯克创立的网络演化而来的，并且哈特立伯和奥尔登堡在英国创立了相似的网络（当奥尔登堡和威尔金斯共同担任皇家学会首任秘书时，奥尔登堡开始与皇家学会融为一体）。



肖特对马格德堡半球的描绘，出自《新实验》（*Experimenta nova*，1672）。1654年，在雷根斯堡，奥托·冯·居里克（Otto von Guericke）用空气泵抽空了一个铜球里的空气，然后把马队拴在铜球上。尽管铜球只不过由两个半球严丝合缝地扣在一起，但它们却无法把铜球拉开。1656年，在马格德堡，他又演示了一次。这证明了大气压力作用于两个半球上的力，启发了玻意耳对空气泵的建造。





玻意耳的首台真空泵，由罗伯特·胡克设计、建造，来自玻意耳的《物理—机械新实验》（1660）。


Del Cimento
R. Waller delin
LONDON



实验学会实验的英语译本的卷头插画。在画中，自然正在把她的背部转向亚里士多德，并被实验学会介绍给皇家学会。《实验》（*Saggi*）于1666年以拉丁文出版，被送给了皇家学会（出的是豪华版，旨在赠送，不是为了销售）。在耽搁很久后，理查德·沃勒（Richard Waller）把它们翻译成了《自然实验论文集》（*Essayes of Natural Experiments*，1684）。卷头插画是沃勒本人画的。

我们也许可以把参与了气压计实验的那群人称作托里切利网络。这一网络取得了非凡成就，是促使实验学会在佛罗伦萨（1657年）、蒙特默学会在法国（1657年）、皇家学会在英国（1660年）、皇家学会在法国（1666年）成立的主要因素。实验学会出版了一本书，但皇家学会出版了第一种致力于新科学的期刊，即《哲学汇刊》（从1665年起）。在法国，《学者杂志》于同年出版。它涵盖了很多学科，但在第一期里宣布，它的主要目的之一是宣布新发现。

于是，在合作和交流将促使更快进步的信念的推动下，非正式的托里切利网络标志着科学制度化的实际开端。就像有人会料到的那样，一种对科学进步思想的信奉相伴而来。在一部未出版的真空著作（约1651年）的前言草稿里，帕斯卡尔区分了两类知识。一类具有历史性，依赖它们所信赖的来源（神学是一个关键例子）的权威；另一类依赖经验。他认为，就后者而言，每一代人都比前一代人知道得更多，因此进步是持续的、不间断的（“随着世界老去，整个人类不断取得进步”）。帕斯卡尔说，每代人的确比前一代人看得更远。他几乎肯定想着那句名言，即我们是站在巨人肩膀上的侏儒。这句名言源自12世纪的沙特尔的贝尔纳（Bernard of Chartres）。但是，我们通常引用的那句却来自牛顿的一封信，原文是“如果我看得更远，那是由于我站在了巨人的肩膀上”。牛顿这是在惺惺作态（他最直接地站在其上的肩膀是胡克的肩膀，而胡克显然是个小个子）。由于帕斯卡尔的目的是削弱对权威的尊重，并没打算重复那种主张，即与我们相比，古人是巨人。他认为，每代人在能力上都一样。

乍看之下，帕斯卡尔提出的进步是持续的主张似乎是废话。这是因为，只要我们拥有可靠的记录和留传方式，就可以一代一代地积累知识。然而，帕斯卡尔假定的是一种书籍文化，而非一种手稿文化（我们又回到了吉尔伯特的“书的海洋”）。只是从印刷的发明开始，知识才得到了有效记录和流传。不仅如此，他还意识到，单个的个人并不能取得进步，取得进步的不如说是他所谓的“*l'homme universel*”，即作为集体的人类。正是通过与其他科学家的合作，帕斯卡尔才开始拥有属于一个大于他本人的集体的感觉。托里切利网络解决问题的效率超过了任何个人。作为历史，那一前言是废话，因为在1651年，进步还是新的。但是，自此之后，它的确是不间断和持续的。作为现代科学的报告，那一前言是准确的。

因此，实验并不新。第一个摩擦两根棍子取火的人做的就是一种实验。盖伦、伊本·海赛姆、弗莱堡的狄奥多里克做过实验。吉尔伯特做磁铁实验时，曾有人围观。从这些人那里，我们能够看到这一点的预兆。但是，他们大多是几乎没有受过教育的水手。在伽利略的《关于两大世界体系的对话》于1632年出版后的那些年里，它采取了适当形式。戴恩·勒乌认为古罗马人拥有我们拥有的一切，但即使是他，也曾一度承认：

没有古老的大学，没有科学会议，没有调查者可以在上面发表其结果的期刊。因此，也没有新科学家；没有《纽约时报》的科学版面，可以让最新的工作被报告、比较、评论。从这些现代资源开始，在专业人士之间，在接受过科学教育的公众之间，经常会出现对某种东西的一种认识。我们也许可以把这种东西称作众多问题上的“领域内常识”。

关于“领域内常识”，库恩有一个特殊叫法。他将其称作“正常的科学”，与革命的科学相对。托里切利气压计是第一种实验装置，正常的科学围绕着它发展了起来。以前也曾有过稳定的、以常识为基础的科

学，例如托勒密天文学或维萨里解剖学。但是，就围绕着英语所谓的“experiment”发展起来的常识而言，这还是第一次。

17世纪，拉丁语单词“*experientia*”和“experimentum”、英语单词“experience”和“experiment”在含义上开始出现差异。于是，自1660年开始，“experimental philosophy”被广泛用于标志一种依靠实验的科学，再也没有人提“experiential philosophy”了。差异的根源可以追溯至13世纪初。当时，伊本·海赛姆的《光学》等重要阿拉伯文本的译者已经选择拉丁语的“*experimentare*”而非“*experiri*”来翻译阿拉伯语的“*i'tibar*”，并且用它们来描述光学实验。作为一种结果，中世纪哲学家通常使用“*Experimentum*”来描述人为构造的经验。在其《磁铁论》中，对吉尔伯特来说，这将会成为一种明显的选择。慢慢地，“experiment”在英语中成了一个技术名词，指的是科学家做的事情。但是，正如我们已看到的那样，在法语中不是这样。在意大利，伽利略用意大利语写作时通常写“*esperienza*”，用拉丁语写作时则写“*experimentum*”。“*Esperimento*”和“*sperimentare*”是新词。尽管它们被收录进了粃糠学会的词典（1612年），但托斯卡纳文献的任何经典文本都没有使用它们。但是，“*esperienza*”的含义太宽泛，无法界定新科学的程序。比外，在伽利略去世后，他的弟子组建了实验学会（Accademia del Cimento，“*cimento*”指的是实践意义上的“测试”或“检验”，就像英语单词“assay”或法语单词“essai”那样，因此这是一个致力于实验的学会）。正如法语中的短语“*philosophie expérimentale*”那样，“*esperimento*”的最终成功反映了英语和英国科学的影响。在英语中，“*experimental method*”这一短语首次出现于1675年。[注]

因此，就“实验”这个词而言，语言变化滞后于理论，也滞后于实践。如果语言仅提供非常有限的帮助，那么在看到一个实验时，我们该如何知道它呢？答案很简单，即实验是为了回答问题而设计的一种人为检验。相关拉丁语词汇是“*periculum facere*”，即检验或考验某

物。中世纪和文艺复兴哲学家对此耳熟能详。这样的检验通常涉及受控的条件，往往需要特殊设备。

6

到目前为止，当我试图确定哪些是我们有而他们（古希腊、古罗马和中世纪哲学家）没有的东西时，我的做法是找出一种概念工具（例如发现或事实），或一种技术突破（例如测量彗星难辨的视差），或一种仪器（例如望远镜）。这一章转而指向了一种社会现实，即科学网络。更具体地说，是指向了在多姆山顶峰围绕着佩里埃的那一小群人。如果过分强调概念性解释和社会性解释之间的差异，那将会是错误的。发现必须被宣布，事实必须被接受，实验必须可以复制。概念则要基于一种社会现实，即受众（主要是印刷机创造的）。科学网络是另外一个用来指称那种社会现实的词。帕斯卡尔向梅森的网络宣布了他的发现，并通过使他们重复他的实验让他们相信，他的事实是正确的。新概念和新社会组织是一枚硬币的两面。如果英国的哈里奥特等早期科学家未能出版其著作，或者像意大利的伽利略那样不急于出版其著作（至少就其新物理学而言是这样），那么这在一定程度上是因为他们担心他们不得不说的东西没人听。托里切利气压计的成功为新科学创造了受众。

在强调科学是一种群体活动时，我并没有想（超越库恩的做法）暗示科学仅拥有一种社会史，或者（像相对主义者那样）暗示科学是科学家达成一致的任何东西。较早时候，有人曾尝试建立群体，以推进知识。举个例子，16世纪的医生曾形成了网络，并出版由此出现的通信。然而，这些群体从来没能做到就研究的问题达成常识，并找到令人满意的解决办法。它们从来没有确立任何与正常科学相似的东西。正常科学的关键是复制。在1647年之后的那些年里，科学家们一再给一头密封的长玻璃管里注入水银，并在水银缸子里翻转它们。他们互相提供有益的指导。皮埃尔·佩蒂特说，连给管子里呼气也不要，

否则你就会让水污染水银。亨利·鲍尔说，把器具放在毯子上，手里拿一把木勺子，一旦溅出水银就用勺子把它舀起来。他们发明的变体不计其数，但做了变体实验的人也都做了那种基本实验。他们也一再得到相同的结果。[注]要不是托里切利气压计难以复制，它就永远不会成为第一种著名的实验。当实验学会于1657年成立时，其座右铭是薄伽丘（Boccaccio）的口头禅“*provando e riprovando*”（一试再试）。他们也的确一试再试。成功的复制（而非知识的连贯性或权威的支持）此时成了可靠知识的标签。

我在这里反驳的是近期科学史编纂中的一种强大传统。这一传统坚持认为，复制总是有问题的，到最后算得上成功的复制总是由权威的介入决定的。按照这些历史学家的说法，复制是社会人为现象，而非自然事实。斯蒂芬·沙宾和西蒙·谢弗的《利维坦与空气泵》是典型的研究著作。这本书曾被描述为库恩的《科学革命的结构》之后最有影响力的科学史著作，呈现了一些已经变得著名的论证。它辩称，通过其空气泵实验，玻意耳成了制作事实的一个先驱。从上一章中我们能够看到，这一观点是错误的，除非你狭隘地关注“事实”一词的运用。吉尔伯特、开普勒、帕斯卡尔全都确立了事实。这部著作还坚决主张，玻意耳通过把读者变成虚拟的证人，发展了一种新颖的赢得支持的技巧。虚拟的见证固然重要，但玻意耳在这方面也几乎算不上先驱。它也坚持，玻意耳和他的反对者之间的争论并不是因为玻意耳有更好的论据而得到了解决，只是因为他拥有更强势的社会地位才得到了解决。玻意耳（虽然非常谨慎地）声称他制造了一个真空，但他的反对者却声称他没有。

在这里，有必要比较一下玻意耳参与的争执和帕斯卡尔参与的争执。玻意耳建造了他自己的空气泵，因为如果把玻璃球体里的空气抽出来，那么它就为实验提供了一个比气压计顶端的空间更好的地点。举个例子，玻意耳可以把一根点燃的蜡烛或一只鸟放进他的球体里。尽管昆虫和蛙可以经由水银被塞进托里切利空间，但火焰和鸟不可

以。为了证明他的实验空间相当于气压计里的那个空间，玻意耳必须重复标准的实验，例如虚空中的虚空和鲤鱼膀胱，并证明他获得了相同（或基本相同）的结果。就玻意耳的“真空”与托里切利空间难以区别而言，在英国发生的争执基本上等同于在法国发生的争执。有人主张，既然光能够穿过托里切利空间，那么它里面肯定存在一些神秘的以太。这种物质好像没有重量，并无所不在。对此，帕斯卡尔回应道，由于光的性质是未知的，如果坚持它需要某种想象的物质来充当它的传播媒介，那么未免徒劳无益。他认为，主张存在一种没有可测量属性的物质，无异于把物理学变成荒诞故事，就像堂·吉诃德那样。就诉诸其存在可能仅出于理论便利而无法通过实验证明的物质的正当性而言，帕斯卡尔和玻意耳都成功地引起了人们对它的怀疑。从这方面来看，他们都在辩论中“赢了”。

然而，就玻意耳的空气泵实验而言，标准的反对观点是，空气泵泄露，因而不能制造真空。这是正确的。此外，在虚空中的虚空实验中，水银从没降到低于半英寸。相比较而言，托里切利气压计不泄露。当然，要防止一些空气被困在管子里或被水银释放，也很困难（甚至不可能）。然而，玻意耳正确地认为，他的结果和那些用气压计做的实验获得的结果非常接近。如果玻意耳仿佛在英国环境中获胜了，那是因为与笛卡儿相比，他最强大的对手霍布斯是一个比较孤立的人物，因而不太危险。霍布斯的名望因为无神论而遭受重创，笛卡儿则把他的观点置于了一种能够与基督教兼容的宽泛环境中。重要的是，不要高估帕斯卡尔和玻意耳取得的局部的、有限的成功。只是到了牛顿的万有引力理论（发表于1687年）就引力如何越过空的空间运作做出了解释，对真空的信仰，以及对哥白尼学说的信仰，才最终获胜。到了那时，帕斯卡尔和玻意耳才被称颂为真空的发现者。当时，人们认为，宇宙的绝大部分由真空构成。但是，在17世纪60年代，情况则大为不同。在英国，亨利·鲍尔等人继续反对玻意耳基于实验证据的主张（即对笛卡儿哲学的认同态度），正如罗伯维尔反对帕斯卡尔的主张那样。

1661年，克里斯蒂安·惠更斯建造了他自己的空气泵，开始重复标准实验。他引入了一个水气压计，对实验空间里究竟留有多少空气（如果有的话）进行精细的测量，从而检验了他的机器的质量。惠更斯抽空气，空气被抽走了，但水平面没有下降。管子依然是满的。惠更斯使用的水被清除了空气，为的是确保它不向实验中释放空气。惠更斯发现，要想让它按预期进行，除非给里面注入气泡。当玻意耳看到实验报告时，他（十分自然地）将它们当作了荒谬的东西。但是，惠更斯来到了伦敦，证明可以用玻意耳的装置产生相同的结果。这在当时是（并且现在依然是）一种非常令人困惑的发展。没有人知道究竟该怎样解释。由于他获得的结果，惠更斯抛弃了他以前对真空的相信（尽管在气泡被引入水中时，那种异常消失了，惠更斯仍断定，某种以前未知的物质在支撑着水柱）。玻意耳则决定依然故我，好像什么事也没有发生。

这里的关键问题是，这两种彼此冲突的结果没有适当地获得同等地位。随着时间的推移，在气压计里，用水、酒和水银，虚空中的虚空中的实验被一做再做。它以那种装置的至少五种外形被做过，却没有产生与惠更斯的结果相似的结果。于是，玻意耳决定用水银来做试验，清除掉水银里的空气，看看能否产生异常的悬浮（惠更斯没有做到这一点），因为这将证明，惠更斯的结果存在误导性。就像他所说的那样："在我看来，机器［即空气泵］中高高的水银柱的悬浮几乎和迄今为所做的一切与托里切利实验相关的实验没有相似之处。"

但是，甚至是在用空气泵做实验之前，玻意耳就在户外成功地制造了水银的异常悬浮［高达52英寸（约132.1厘米）］。在这一点上，很显然，这一现象与一个被假定的真空里有无东西完全无关。惠更斯承认，他花了不到两年时间，才接受了他的异常结果不相干（考虑到17世纪旅行和通信的困难，这段时间比现在看起来要短一些）。那么，你完全有理由说，惠更斯说他的结果在某种程度上"好于"玻意耳的结果，这是错误的；他根据这一点抛弃他较早时候的信仰，也是错

误的。玻意耳的结果是正确的结果，惠更斯的结果则不过是一种令人深感困惑的异常现象。我们现在可以自信地这样说，但这对当时聪明的观察者也是显而易见的。一旦玻意耳在空气泵内外都展示了高高的水银柱的异常悬浮，就连惠更斯本人也会如此。

实验方法依赖独立的复制。科学社会学家曾提出，从来没有过真正的复制。他们认为，为了让一个新实验运作起来，科学家总是不得不花时间和那些已经做过实验的人在一起，获得这一行业不成文的策略。但是，佩蒂特和帕斯卡尔都独立复制了托里切利实验，瓦莱里奥·马格尼（Valerio Magni）也于1647年在华沙复制或重新发明了它。其他人似乎完全独立地做了那种实验，并且仅以书面描述为基础，如亨利·鲍尔。真相很简单，复制托里切利实验是没有问题的，而科学社会学家的观点则是错误的。注

如果我们以这种方式回顾实验的历史，就能够开始理解17世纪所发生的情况的意义。在多姆山顶峰陪伴佩里埃的那一小群人是这一意义的象征。他们为什么在哪里？佩里埃肯定乐于有证人，但他们之所以在那里，是因为他们认为，这是一个观看历史被创造的机会。他们的在场标志的不是发现自身的开端，而是一种发现文化的开端，说明这一文化当时已经熏陶到了政府公职人员和老于世故的神职人员。（佩里埃提到了陪伴他的两位神职人员、两位政府公职人员和一位医生的名字。）不仅如此，出版确保了“虚拟旁观者”的大量存在。正如沃尔特·查理顿所说的那样，那一小群法国实验者“似乎全体一致地抓住了（托里切利的）实验，将其作为一个值得向往的机会，以挑战欧洲的全部智者，在一场受竞争精神驱使的战斗中获取睿智的荣誉”。此外，当玻意耳创造了“决定性的实验”这个短语来称颂多姆山实验时，等于在标志一个新时代的开始。在这个新时代里，哲学争端将会被实验解决。

就任何对科学革命的理解而言，复制问题都是一个最重要的主题的核心。这个主题就是炼金术的消亡。玻意耳和牛顿在炼金术研究上投入了大量精力。玻意耳似乎花了他一生的大量时间，试图把常见金属转化成黄金。当然，我们对他的活动的了解是有限的，因为他的首个传记作者托马斯·伯奇（Thomas Birch）下令销毁了绝大多数的相关文件（就我能够辨识的情况而言）。玻意耳相信他处在成功的边缘。他真的太接近于成功了，以至于他认为最好稳健地（并成功地）推动法律的修改。法律曾规定，任何制造黄金的人都会被判处死刑。

就像很多炼金术士那样，玻意耳相信对哲人石（它会把常见金属变成黄金）的寻求涉及一种精神元素。他认为，他已经目睹了常见金属变成黄金的过程。他显然认为，那个不知名的、演示了那一过程的陌生人肯定是一位天使，而当时他在场并提供了帮助。他被挑选出来接受这一特殊的启示。这样的信仰使玻意耳成了江湖骗子的完美目标。玻意耳关于炼金术的通信的一部分幸运地保存了下来。这部分是用法语写的。伯奇的助手亨利·米尔斯（Henry Miles）肩负着给玻意耳的文件分类并决定扔掉哪些文件的任务，但他不懂法语。从这部分通信里，我们获悉一个名叫乔治·皮埃尔（Georges Pierre）的人使玻意耳相信，他（皮埃尔）是安提阿教长的代理人。安提阿教长是一个炼金术士学会的会长，意大利、波兰和中国有该会的成员。要想成为会员，玻意耳不仅必须交出他自己的炼金术秘密，还要送贵重的礼物，其中包括望远镜、显微镜、钟表、奢华的织物、大笔金钱。作为回报，皮埃尔讲了如何在一个小玻璃瓶里制造侏儒。皮埃尔的故事编得挺好。他信誓旦旦地对玻意耳说，牢骚满腹的雇员炸掉了学会正在开会的城堡，打断了会议。他继续夸夸其谈地说，他把关于安提阿教长的故事编入了荷兰语和法语报纸里，玻意耳运气好的话会看到它们。实际上，当皮埃尔被认为在安提阿时，他其实在巴约，正和他的情妇寻欢作乐。在他的家乡卡恩，他荒诞不经的故事已经让他获得了“诚实的乔治”这个绰号。

作为科学革命的关键人物之一，玻意耳怎么可能对炼金术转化的真实性如此深信不疑呢？答案是，炼金术是一种自我实现的事业。那些从事它的人相信，过去已经有人成功地制造了贤者之石。正如在炼金术研究中与玻意耳密切合作的乔治·斯塔基（George Starkey）所说的那样："睿智的哲学家殚精竭虑，已经寻找、发现并在著作里留下了关于他们的探索的记录。此外，核心的秘密太深奥了，肯定只有上帝直接出手，才能指导一位寻求通过学习获得那种秘密的能手。"就像玻意耳那样，斯塔基相信他手上有了哲人石。他声称，他已经用哲人石把常见金属变成了金、银，或至少变成了一种金和一种银，因为事实证明那种金不稳定，而那种银尽管非常像银，但要重得多。

斯塔基想发现这一秘密，以及其他失去的秘密，就仔细研究炼金术文本。就像他承认的那样，这些文本使用了故意云山雾绕的语言。由于"hermetical"一词［意思是"遵循神秘作家赫尔墨斯·特利斯墨吉斯忒斯（Hermes Trismegistus）的传统"。此人被认为与摩西处于同一时代，被认为是他写的著作不计其数］在17世纪初已经被赋予了一个新意义，那些用化学制品做的实验开始涉及那些"密不透气的"（换句话说，气密的）容器，"hermetical"一词成了不可理解的思想的双关语。当斯塔基未能达到目的时，他希望（在此过程中，他使自己破产，让妻小陷入贫困）他永远不会想到这些文本是错误的。他相信，他只不过误解了它们，或未能足够准确地遵循它们的指导。因此，尽管炼金术士原则上拥有验证程序（"凭火决狱"），但验证往往被推迟。他们没有反证程序。

斯塔基提到了"听听另一方的说法"的格言，认为它令人厌恶，而"听听另一方的说法"是自然正义的一个基本原则。他拒绝听的另一方的意见是，炼金术是欺骗、痴心妄想、异想天开。然而，在经院哲学家中，另一方是主流，从阿奎那到阿尔伯图斯·马格努斯（Albertus Magnus）不乏其人。炼金术早就受到了怀疑者的嘲笑。怀疑者人数众多，这里仅举两例，雷金纳德·司各特（Reginald Scot）在《对巫术的

揭发》（*Discovery of Witchcraft*，1584）中、本·琼生在《炼金术士》（The*Alchemist*，1610）中就嘲笑了炼金术。只要某个特定的权威被认为写了一些晦涩难懂的书，在上锁的箱子里新发现的古老手稿更好，信仰就能够持续下去。布莱恩·维克斯（Brian Vickers）写道："炼金术既是一种文本科学，也是一种实验科学，二者如胶似漆。"此外，在绘画中，炼金术士总是既被书籍或手稿围绕，也被他的实验室的设备围绕。然而，炼金术士从绘画中消失是所有时刻中最重要的时刻，因为那意味着一个人被人说服，不再相信他们，开始相信别的东西。因此，在其死亡时，玻意耳给"那一技艺学而不厌的弟子们"留下了"一种奇妙的遗产"（这种遗产没有幸存下来，可能被销毁了）。这里面包括很多炼金术秘方。他没有试过，但确信它们灵验，因为它们已经"通过交换和别的方式，从那些证实他们知道它们是真的人那里获得（当然费尽了周章）。这些人自身就是称职的裁断者，其中一些是真正的行家的弟子，要不就是认识那些行家，聆听过他们的谈话"。困难自身就是真实性的担保者。如果没有人被认为是真正的行家（即某个能够制造哲人石的人），仅仅声称认识行家、聆听过其谈话就足以证明一种晦涩难懂的文本带有隐藏的含义。玻意耳之所相信，是因为他想相信。

在最近的文献中，有人极力把炼金术（或者像历史学家现在更愿意称呼它的那样，"古代化学"）呈现为第一种实验科学。他们告诉公众，现代化学就出自炼金术。这些学者证明，很多炼金术秘方的确能够在现代实验室里得到演示。在此过程中，他们已经使显然不可理解的文本有了意义，恢复了炼金术作为一种实验室科学的地位。但是，如果把这种观点推进得太远，那么就那难以解释为什么在18世纪，现代化学没有把自身确立为炼金术的延续，而是确立为对炼金术的驳斥。为什么伯奇销毁了玻意耳的炼金术文件，而不是赞扬它们?

关于炼金术的末路，人们著述不多。然而，到了18世纪20年代，那种玻意耳和牛顿认为值得尊敬的活动却彻底声名狼藉了。约翰·C.鲍

尔斯（John C.Powers）已经主张，这既是科学院里的化学家采取的一系列“修辞”行动的结果，如尼古拉斯·莱默里（Nicolas Lémery，1645—1715），他采纳了炼金术士的很多实验发现。这也是他们对那些由于撒谎而使其技艺信誉扫地的人进行攻击的结果。与此同时，他们认为对哲人石的寻找荒唐可笑，将其摒弃。这里的暗示是，他们也是炼金术士，只是不愿意承认。鲍尔斯没有把18世纪的化学家的行为和他们的话语加以对照。新化学的倡导者坚持认为，他们没时间去研究那些晦涩难懂的文本。他们断言，“那一派化学家（即炼金术士）……写得如此晦涩，以至于要想理解它们，你就必须具有占卜的天赋”。他们坚持，他们只对他们能在他们自己的实验室里复制的化学过程感兴趣，并且这些过程随后应获得他们的同事的认可。鲍尔斯写道，新化学的提倡者所撰写的“每一篇记录都呈现了对一个具体问题或一套具体问题的一次有限的探究，且化学家仅依靠他的实验报告来说服他的受众接受他的结论”。鲍尔斯把这些实验描述为“有嫌疑的”实验，但它们无疑是真实的。

使炼金术有可能被丢进历史的垃圾箱里的东西，是一种对化学家当时正在尝试做的事情的新理解。对炼金术士来说，其中包括玻意耳和牛顿，把一种物质转化为另一种物质是一种基本事业。但是，在1718年，艾蒂安·弗朗索瓦·日夫鲁瓦（Étienne François Geoffroy）出版了一份“在化学中被观测到的不同关系的表”（Table of Different Relations Observed in Chemistry）。日夫鲁瓦是一位药剂师的儿子，在巴黎植物园担任化学教师。当时的植物园是为了培训药剂师而成立的一个机构。日夫鲁瓦的表开列了他所谓的“化学工作中通常要用的一些主要材料”（共有24种），但遗漏了化学家经常要用到的各种物质。他的选择原则具有革命性，他列出的物质可以彼此化合，形成稳定的新化合物。但是，如果遵循正确的化学程序，这些化合物就可以被分解，释放出它们原来的成分。日夫鲁瓦的24种物质因而幸存了下来，甚至在它们与其他物质化合时也是如此。当它们进入这样的化合物时，它们不会变质。与拉瓦锡在18世纪末提出的那种现代元素理论相

比，日夫鲁瓦相去甚远。但是，他的确拥有一种完全摆脱了化成概念的研究项目。因此，标志着现代化学开端的不是（通常被认为的）玻意耳，而是日夫鲁瓦。

在日夫鲁瓦的著作所出现的环境中，化学家已经在试图摆脱炼金术思维。毁灭了炼金术的不是实验（斯塔基、玻意耳、牛顿都不知疲倦地追求实验知识），也不是有学问的人构建的致力于新知识的网络（炼金术士非常善于把同行找出来，慢慢地从同行那里打探出消息，总是出于互相交换秘密的目的），甚至不是日夫鲁瓦的那种化学合成并不暗示着化成的认识。毁灭炼金术的是一种主张，即实验必须被公开报告在出版物里，这些出版物要呈现关于所发生情况的清晰记录；实验然后必须被复制，最好在独立的证人面前。炼金术士追求的是一种秘密的学问，相信仅有少数人适合拥有神圣的知识，相信如果黄金不再短缺，社会秩序就会崩溃。这种学问的一部分可以被新化学的提倡者采纳，但大部分由于不可理解、不可复制必须被抛弃。奥秘的知识被一种新知识取代了。这种新知识既依赖出版物，也依赖公开或半公开的演示。一个封闭的社会开始被一个开放的社会取代。注

如果在思考炼金术的过程中，我们只关注玻意耳那样的人，就有遗漏机构作用的危险。这些机构既有正式的，如皇家学会和科学院；也有非正式的，如梅森的圈子。皇家学会的很多创始成员痴迷于炼金术，如迪格比和奥尔登堡，玻意耳就不用说了。但是，皇家学会的会议从未讨论过炼金术的化成，皇家学会《会刊》（*Transactions*）也仅有玻意耳写的一篇短文提到了炼金术问题。它实际上相当于一份广告，宣布了他的兴趣，希望他人和他联系。每个人都清楚（也许除了玻意耳）皇家学会坚持的信息自由交流、实验的复制、结果的出版、“事实”的证实等原则与炼金术士的原则相悖。玻意耳和牛顿都是炼金术士，也是新科学团体的参与者，但是他们非常清楚，他们生活的两个方面是分开的，就像帕斯卡尔清楚他紧张忙碌的宗教生活和他的科学生活是分开的。玻意耳的确想让炼金术公开化一点儿，不过那

只是为了让炼金术士能比较容易地认出同行。牛顿立即谴责了他，建议保持“高度的沉默”。牛顿抱怨道，“在我看来，”玻意耳“太公开，太想出名了”。

正如我们已经看到的那样，帕斯卡尔认为，宗教和科学之间的根本区别是，科学中不存在不容置疑的真理，而宗教则依赖不加质疑地接受某些真理。对炼金术士来说，哲人石的现实是无可争辩的。在一代人的时间里，他们对权威、古代文本、秘密手稿的借助就似乎毫无希望地遗失了。炼金术从来都不是一种科学。在那些已经完全接受了新科学思想方式的人中，没有它的生存空间。这是因为，他们拥有炼金术士没有的某种东西，即一种不打算囫囵吞枣地接受任何东西的批判团体。炼金术和化学都是实验学科，但炼金术士和化学家生活方式不同，属于不同类型的群体。(注)这一观点产生了一个重要的后果，即我们真的不应该盼望找到科学团体于17世纪40年代开始形成之前的可靠科学。这似乎是正确的。就举一个例子，假如伽利略不属于一个发挥作用的科学群体，那么他就断然不敢把他的潮汐理论置于他对哥白尼学说辩护的核心。

其结果是，我们不需要等到日夫鲁瓦的表于1718年出版，就能听到炼金术的丧钟。按照古代化学的新史家的观点，炼金术和化学曾经是一个未分化的学科，一直到古拉斯·莱莫里的教科书第三版于1679年出版。当时，它们之间的区别开始被划分了。到了18世纪20年代，这二者已经被有效地分开了。不过，这里有约瑟夫·格兰维尔于1668年出版的《超越极致》（*Plus ultra*）。它盛赞玻意耳，认为异教徒会把他当成上帝来崇拜。尽管这样的赞美令人作呕，但它的炼金术/化学方法显然预示了18世纪的方法：

我承认，先生，在埃及人、阿拉伯人、波斯人以及一些现代人中，化学非常离谱、莫名其妙、虚妄。炼金术士的吹牛、自负、隐语玷污了这一技艺，让它遭受了怀疑和蔑视。但是，其后来的耕作者，

尤其是皇家学会，已经通过提炼使它失去了杂质，使它变得诚实、严肃、可以理解，成了哲学的优秀阐释者，有助于公共生活。这是因为，他们已经把黄金制作放在了一边，把骗人的企图、徒劳的化成、玫瑰红鲫鱼色的汽、魔咒、迷信的暗示放在了一边，使它成了一种了解自然功效之深度的工具。



一群正在工作的炼金术士，菲利普·加莱（Philip Galle）制作的雕版，临摹的是大彼得·勃鲁盖尔（Pieter Bruegel the Elder）的绘画，由希罗尼穆斯·科克（Hieronymus Cock）出版，约1558年。

在获悉玻意耳和牛顿不同意他的观点后，格兰维尔也许会感到震惊。但是，把握了炼金术和新科学的关系的人是他，不是他们。1704年的《技术词典》（*Lexicon technicum*）表达了迅速显现的常识：

炼金术士是研究炼金术的人。炼金术就是化学的升华部分，传授金属的化成和贤者之石。按照用生硬的话语和废话逗无知者、不思者开心的行家的行话，假如没有阿拉伯语词缀“Al”（他们需要它，以便

让它在这里产生非凡的作用），那个词将只能意味着化学。它的词源要到那个词的下面找。这种炼金术研究已经被正确地界定为“*Ars sine Arte,cuius principium est mentire,medium laborare,&finis mendicar*”，即一种没有秘诀的艺术，始于谎言，继之以辛劳，最后以一无所有终结。

如果需要进一步的证据，那么炼金术的消亡提供的进一步的证据证明，把现代科学标识出来的不是实验的产物（炼金术士做了大量实验），而是一个有能力评估发现、复制结果的批判群体的形成。作为一种私下的事业，炼金术从未能发展出一种适当类型的群体。波普尔认为科学只能在一个开放的社会里兴盛，他是对的。

---

1. 在1654年以前，帕斯卡尔主要是一位数学家。从那年秋天起，他把他的人生献给了宗教，并开始写作他的《沉思录》（Pensées）。这部书直到他于1662年去世也没有完成。

2. Shea，Designing Experiments （2003），107—109。水银被大量生产，因为它被用于从矿石里提取金银。它比较容易获取，因为它被用于医疗，尤其是治疗梅毒。因此，获得水银不是问题，难以获得的是玻璃管。

3. 与这些日期相照应，第一个按照含义区别“experience”和“experiment”的人似乎是克里斯蒂安·伍尔夫（Christian Wolff），时间是1732年： Schmitt，“Experience and Experiment”（1969），80。

4. Bacon， Novum organum， Vol. 1， 82： “Restat experientia mera, quae, si occurat, casus; si quaesita sit, experimentum nominatur”（Bacon，Works，1857，Vol. 1，189）。但是，培根接着用形容词“experimentalis”来涵盖一切以经验为基础的知识，把问题复杂化了。此外，除了“experiri”，他没有别的动词来表示“to experiment”的意思。

5. 笛卡儿曾在一封信中用过“expériment”一次（Clarke， Descartes’ Philosophy of Science，1982，41，n. 2）。

6. 很久之后，帕斯卡尔利用了伽利略的工作，当时他正在研究液体里的压力，为的是搞清楚空气怎样支撑气压计里的水银柱。就像他之前的伽利略那样，帕斯卡尔明白液体施加的压力不是由液体的总重量决定的，而是由被施加于特定面积上的重量决定的。举个例子，拿一个长细管［10英尺（约3米）长应该够了］，把它插进一个装着液体的木桶的顶端，然后往管子里注水。注满管子仅需少量的水，但由于高度高，它施加了巨大压力，足以让桶爆裂。这一实验被称作“帕斯卡尔的桶”，尽管没有证据证明他自己做过它。他的确做过旨在阐明所涉及原理的实验，但那已经被梅森描述过了。

7. 见原书第168页。

8. 但是，要注意萨卜拉（Sabra）的评价。萨卜拉说："然而，有一点依然是正确的，即伊本·海赛姆的《光学》中的验证性实验至少在一个方面与17世纪的发现实验是不同的，它们没有揭示新属性，例如光的衍射、双折射或弥散。此外……它们缺乏测量。"（Ibn al-Haytham，The Optics： Books 1—3，on Direct Vision，1989，Book 2，18—19）

9. 奥雷斯姆明白，悬在一根横杆上的重物（我们将其称作钟摆）能模拟这样落下的一个石头的行为。但是，没有任何迹象显示，他随后用钟摆做了实验。（Clagett，The Science of Mechanics in the Middle Ages，1959，570。）

10. 但是，亚里士多德已经指出，人们可以制造一道人工彩虹。中世纪哲学家之所以觉得有权采取实验，以理解彩虹，这是原因所在：Meteorologica，Book 3，Part 4，374a35—374b5；Newman，Promethean Ambitions （2004），242。（238—289页的整整一章都很重要，探讨了中世纪的实验。）

11. 作为一种结果，17世纪60年代"experiment"一词在英语中的使用频率比17世纪40年代多了5倍，并且是在它被用来指"经验"的用法迅速下降的情况下发生的：Pumfrey，Rayson & Mariani，"Experiments in 17th-century English"（2012），404。

12. "在实验的生活形式中，生产真正知识的实践被认为完全依靠集体劳动。必须做真实的实验，真实的实验又必须被一个目击群体看到并相信做过。"（Shapin，"Boyle and Mathematics"，1988，43）吉尔伯特已经拥有了一小群当地专家，但托里切利实验产生了一种崭新的国际网络。

13. "Lynceus"是形容词，意思是目光锐利的。"Accademia dei Lincei"经常被翻译成"Academy of the Lynxes"，但"Academy of the Lynxes"的意思其实是"Accademia delle Linci"。

14. 在《哲学汇刊》上，一篇关于约翰·克里斯托弗卢斯·斯特姆（Johann Christophorus Sturm）所著《实验学会》（Collegium experimentale）的书评这样写道："这篇……的博学的作者注意到，在这一个尚未逝去的时代（即一个世纪）里，自然哲学取得的进步已经远远超过了此前的很多时代，并且借由被英国和法国的皇家学会接受并践行、快乐的实验方法……"（Anon，"An Accompt of Some Books"，1675，509）。斯特姆的书是关于"inventa et experimenta physico-mathematica"的，即关于物理—数学发现和实验的。

15. 正如在谈及高层建筑上做的缩小版多姆山实验时，帕斯卡尔说，"一切好奇的人都可以在任何时候检验它"（Pascal，Oeuvres complètes，1964，687）。伽桑狄也的确立即重复了它：Koyré，Études d'histoire de la pensée scientifique （1973），330；此外，举个例子，玻意耳在威斯敏斯特教堂屋顶上做了一个缩小版的实验（Boyle，A Defence，1662，51—52 = Boyle，The Works，1999，Vol. 3，52—53）。就重复托里切利有多么容易，可看，Glanvill，Plus ultra （1668），60—61。

16.　我将在第521—522页讨论西蒙·谢弗对牛顿的《决定性实验》的阐释。事实将再次证明，那种认为实验是一种社会人造物的主张是错误的。有人认为，复制需要隐性知识的传递，而这将肯定使复制（几乎）根本不可能真正独立。关于这种观点，可看Collins，“The TEA Set”（1974）； Collins，“Tacit Knowledge, Trust and the Q of Sapphire”（2001）；Pinch in Labinger & Collins （eds.），The One Culture?（2001），23。

17.　随着卡尔·波普尔的《开放社会及其敌人》（The Open Society and Its Enemies，1945）的出版，他的科学哲学的研究方法开始在英语世界里广为人知。就像他的《科学发现的逻辑》（1959年）那样，他于1935年出版的对科学革命的经典阐释也是基于扭曲而非查证，最终从德语被翻译过来。

18.　“‘难道你的意思是，人的一致决定了孰真孰假？’那等于说，人们说它真它就真，说它假就假。他们在他们所用的语言里达成了一致。那不是意见上的一致，而是生活方式上的一致。”［Wittgenstein，Philosophical Investigations，1953，para. 241 （粗体字是原文）］

第九章　法则

自然和自然的法则藏在夜里，

上帝说，让牛顿来！于是一切都亮了。

——亚历山大·蒲柏（Alexander Pope），

《艾萨克·牛顿爵士的墓志铭》（发表于1735年）

1

1619年11月10日，年轻的法国士兵勒内·笛卡儿（1596—1650）发现自己在乌尔姆陷入了困境。他在为巴伐利亚的天主教徒马克西米利安公爵（Duke Maximilian）服务，而可怕的、后来被命名为三十年战争的泛欧洲冲突刚刚开始。战斗前景在望，但转瞬就是冬天，士兵几乎无事可做。笛卡儿从耶稣会接受了良好但很大程度上传统的教育，在大学里学了两年法律，以取悦他的父亲。但是，在1619年，他没有理由认为，除了从军，他还能从事别的什么职业。不过，由于受困于冬天，笛卡儿只好把自己关在一个有炉子供暖的房间内，坐在那里苦思冥想。他得出结论，现存知识体系的错误在于，它们是由很多不同的人在漫长的时间内拼凑而成的。它们需要一个全新的开始。一个人应该从挠头开始，改进整个哲学，其中包括自然科学。

笛卡儿既激动又精疲力竭，酣然入睡，做了三个梦。在第一个梦里，他遭到了一些幽灵和一场大风的攻击，他身体的一侧感到某种虚弱。他试图进入一个小教堂祈祷，但不得其门而入。从这场噩梦醒来后，笛卡儿做了祈祷，试图振作他的精神。当他再次睡着，他听到了一声惊雷。他好像睁开了眼睛，看到屋内充满火星。他不清楚自己究

竟何时真正醒了过来，但火星最终消失了，他又睡着了。在他的第三个梦里，有一本大书，是一个诗集。他打开它，发现了这句话：“*Quid vitae sectabor iter*?”（“我在生活中应该走什么样的道路？”）。一个陌生人走了进来，给了他另外一首诗。这首诗头一句是“*est et non*”，即“它是和它不是”。笛卡儿试图在书中找到这首诗，但书和陌生人都消失了。［在皮埃尔·德·拉·布罗斯（Pierre de la Brosse）所著《诗集》（*Corpus poetarum*，1661）中，这两首可以在对开页上被找到。］笛卡儿半梦半醒地躺在那里，试图解释他的梦。他认为，头两个梦可以被理解成显示了他的生活迄今为止过得不怎么样，第三个梦则勾画了他的未来，他未来的道路必须是让自己致力于确定是与非的哲学任务。

在余生里，笛卡儿将其作为哲学家的新生活追溯到了这些梦。他开始着手制定一系列规则，以思考哪些规则能帮助他确定真理。他卖掉了一些财产，以便能够自给自足，全身心地投入他伟大的事业。14年后，笛卡儿生活在新教的荷兰，将要出版一系列自然科学论文。当时，他听说了伽利略被宣告有罪。既然他的哲学支持哥白尼学说，他断定他会遭到天主教会的谴责，所以他不敢出版（尽管即使遭到教会谴责，他也没有危险，因为在荷兰很安全，宗教裁判所管不着他）。1637年，他终于出版了《方法论》（*Discourse on Method*）和三篇关于数学和自然科学的论文。1641年，他出版了一个他的哲学的摘要，即《原理》（*The Principles*）。

到笛卡儿出版《方法论》的时候，他已经断定，介绍他的哲学的最佳方式是通过把怀疑主义充分运用到极限。我们怎样才能知道世界是真实的？我们怎样才能知道我们不在做梦？我们怎样才能知道我们没有受到某个恶魔造物主的系统欺骗？我们做不到。我们只能确定一种东西，即“*cogito ergo sum*”（我思故我在）。从这一点出发，你可以确定一个起点。笛卡儿将从这个起点出发，去证明一位不让我们受到系统欺骗的神的存在，然后构建一种对自然世界的解释，将自然世界

解释成完全由运动的物体构成。《方法论》是一部奇特的著作，因为它既是自传，也是哲学。笛卡儿告诉了我们他在学会如何思考的过程中所经历的步骤，教会我们怎样去思考。他没有向读者讲述那些梦，因为它们是一种过于个人的经验，而是向读者讲述了他在那个用炉子取暖的房间里度过的那一天。他作为哲学家的生活就是从那一天开始的。

笛卡儿的故事的问题在于，它不是真的。我们没有理由怀疑那间用炉子取暖的房间和那些梦，但所有的证据都暗示，笛卡儿的新哲学生活已经于正好一年前就开始了，也就是1618年11月10日。那一天他在布雷达，在低地国家，在新教徒拿骚的莫里斯（Maurice of Nassau）的军队中服役。在那个镇子里，某个人已经张贴了一张海报，募人解决一个数学问题。海报是用法兰德斯语写的，于是笛卡儿转向挨着他的那个也在看海报的人，请他把它翻译一下。那个人是艾萨克·比克曼，是一位学校教师，也是一位工程师。我们之所以了解他和笛卡儿的关系，因为比克曼记日记。他的日记于1905年被重新发现，并且在1939—1953年出版了四卷。

笛卡儿和比克曼用拉丁语聊了起来，发现他们兴趣相投。几天后，比克曼在他的日记中写道："物理—数学家凤毛麟角。"那个陌生人甚至告诉他："除了我，他还从未碰见过谁以我的方式从事研究，以一种精确的方式把物理学和数学结合起来。就我而言，除了他，我还从没和一个以这种方式研究的人聊过。"但是，在思考上，比克曼已经远远地走在了笛卡儿的前面。他已经断定，宇宙由运动的微粒构成，在微观层面起作用的运动"法则"（比克曼用来指自然法则的标准词语是"*pactum*"，即"契约"）必然和在宏观层面起作用的运动"法则"一样。他已经完全走上了完全独立地系统表述伽利略的落体定律的道路。比克曼和笛卡儿密切合作了两个月。当比克曼离开了布雷达后，他们还保持通信。笛卡儿在信中告诉比克曼，他们已经在"一种永远牢不可破的友谊纽带中"被绑在了一起。笛卡儿向比克曼保证：

是你让我从无动于衷中幡然醒悟，让我记得我已经学到并几乎忘记的东西。当我的思绪偏离了严肃的关切，也是你指引着它回到了正确的道路。因此，如果我偶尔提出了某种不那么卑劣的看法，你都有权声称那是你的看法。

数年后的1630年，比克曼的确那样做了。在一封写给笛卡儿的朋友梅森的信中，他提到，笛卡儿的一些关于音乐的思想来源于他。笛卡儿大怒，并否认受到任何影响。但是，当梅森拜访了比克曼，并读了比克曼的日记，他发现，笛卡儿的很多思想的确是由比克曼首先系统表述的。笛卡儿再次勃然大怒。他对比克曼说，他从他那里学到的东西和从蚂蚁、虫子那里学来的东西差不多。在此之后，1630年10月17日，笛卡儿写了一封他写过的最长的信，可以印刷12页，并且充满了严厉的谩骂。在信中，笛卡儿指责比克曼精神有病，并且痴心妄想。

为什么笛卡儿不能接受那个简单的真相，即他所知道的很多东西是从比克曼那里学来的？因为自他于1619年11月11日清晨从梦中醒来，就对自己说，他正在只身构建一种新哲学。他从挠头开始，不欠别人任何东西。他在知识上依赖比克曼这一真相让他完全无法忍受。于是，在1637年的《方法论》开头的自传性描述中，没有比克曼，只有那段著名的对用炉子取暖的房间的描述：

那时我在德国。在那里，我受到了战争的召唤。那里的战争现在仍未结束。当我从皇帝的加冕礼返回部队时，冬天的攻击把我困在了营房里。在那里，我发现无法和人聊天以解忧，但也幸运地无牵挂之困扰。于是，我整天关着门，独自待在一间用炉子取暖的房间里，完全自由地沉浸在我自己的思想里。我思绪万千，但我第一个想到的是，与一个人完成的作品相比，那些由几部分构成并且由不同的工匠完成的作品通常不够完美。于是，我们看到，与几个人拼凑而成的建

筑相比，有一位建筑师承担并完成的建筑通常更迷人，计划得更为周详……

2

让我们回到我们在第三章讨论过的那张桌子。就它的情况而言，按照亚里士多德派的观点，事物的形式因和目的因都是外在的。它的形式存在于木匠的头脑里，它的目的是给某个人提供一个工作的地方。但是，在橡树的情况中，形式和目的在某种意义上存在于橡子之内。动力因是外在的；形式因和目的因在自然物体中是内在的；质料因一开始是外在的，不过（最终会像被橡树根吸收的水，或我刚吃的早餐那样）变成内在的。

相比较而言，机械的解释与外因有关，与内因无关。如果你是一位古代原子论者，如伊壁鸠鲁（Epicurus）或卢克莱修（Lucretius），那么你就不会接受有任何内部原理造就了橡树的形成和发展，并指引着它朝着其潜能的实现。原子只是一些被动的物质团块。一棵橡树是原子的一种聚集，这些原子已经被外力塑造成了特定的形状。同样，我的房子是砖块的一种聚集，这些砖块已经被赋予了特定的形状。对古代原子论者或现代早期机械论者（比如克曼和笛卡儿）来说，原因总是外在的，从来不会是内在的；只存在动因和机械因。[注]不存在形式因和目的因，质料因从不变化。

对伊壁鸠鲁和卢克莱修来说，与原子相关的是其大小、形状和运动。如果这就是原子拥有的一切，那么我们在世界中察知的一些特质（颜色、味道、气味、声响、纹理、温度）必然是大小、形状和运动的副产品。大小、形状和运动必然是首要的，而其他特质必然是次要的。如果声音是由振动产生的，那么就很容易看到，声音也许是运动的结果。如果把两根棍子放在一起摩擦产生了热，那么就可以设想热也许是一种运动形式。你可以假设，气味是由进入鼻子里的微粒引发

的。首要的属性是客观的；次要的属性是主观的，因为它们依赖我们的感觉方式。如果世界里没有耳朵，也就没有声音，只有振动。如果世界里没有鼻子，也就没有气味，只有在空气里飘浮的微粒。为了阐明这种感觉的主观性的思想，伽利略举了挠痒痒为例。用一根羽毛挠你，你感到一种明显的感觉，但羽毛里没有任何东西和你被挠的感觉对应。这种客观现实和主观感觉之间的区别是卢克莱修做出的。在《尝试者》（*The Assayer*，1623）中，伽利略重复了这一点，成了第一个这么做的现代作家。当然，他没有提到卢克莱修的名字［因为卢克莱修被认为是一个危险的无神论者。但是，我们了解到，伽利略拥有两本《物性论》（*On the Nature of Things*）］。在伽利略之后，这一区别被笛卡儿采纳。关于主要属性和次要属性之间的这种区别，我们目前使用的术语是玻意耳于1666年引入的，于1689年被洛克推广了。（洛克用来表达主要属性和次要属性的语言取代了较早的亚里士多德用来表达主要属性和次要属性的语言。亚里士多德表达的主要属性是热和冷、湿和干。）

尽管笛卡儿在主要属性和次要属性上追随了古代原子论者，但他不像他们那样相信空的空间，即虚空。就笛卡儿来说，物质只有一种基本特征，即它占据空间。既然如此，那就不可能有真空，因为真空将会是没有什么来占据它的空间。在笛卡儿看来，物质世界由可分的微粒构成。他避免使用“原子”这个词，因为古代原子论者曾坚持认为，原子是不可分的，它们之间的空间是空的。

在笛卡儿的万物体系中，物质只能通过直接接触相互作用，不可能有超距作用。当两个物体相互作用时，他们只能通过互相推挤做到这一点。因此，磁力和引力不得不被解释为某种推动过程的结果，而非一种拖拉过程的结果。按照笛卡儿的观点，在引力的情况中，这一推动过程是地球陷入一个绕着太阳盘旋的巨大旋涡的结果。这一旋涡既把行星维持在其轨道上，也把物体向下压到地球的表面。太阳不过是众多恒星中的一颗，每颗恒星都被它自己的旋涡包围。与之相似的

是，磁力通过开塞钻那样的物质的小流光发出并锁定铁起作用。磁铁的拖动其实是一种推动，正如开塞钻把塞子推出瓶子那样。（我也许拖动了开塞钻，但开塞钻推动了塞子。）

在笛卡儿体系中，只有一种物质，但通过其相互作用和聚集成团，它产生了我们体验到的众多不同材料。它相互作用的法则是自然三法则。其一，“只要在其力量范围之内，每种物质总是保持相同的状态；其结果是，一旦被移动，它就一直持续移动”。其二，“所有运动就其自身而言都沿着直线”。其三，“在和较强的物体偶然接触时，物体完全不会丧失其运动；但是，在和较弱的物体偶然接触时，它向较弱物体移动多少，它就会丧失多少运动”。

由于坚持磁铁、开塞钻甚至我们现在所谓的引力总是推动，从不拉动，我们很容易把笛卡儿学说视为笑话。但是，最近有著作证明，笛卡儿做了一些精巧、优美的实验，他的旋涡理论依然持续到了18世纪。笛卡儿学派和牛顿学派的关键争议在于地球的形状。牛顿预言了一个扁椭圆或被拉平的地球，而笛卡儿则预言了一个长椭圆或鸡蛋形状的地球。法国人去秘鲁和拉普兰进行的探险（1735—1744）发现牛顿是对的，笛卡儿是错的（令参与其中的人感到沮丧）。注

3

当代自然法则思想是笛卡儿哲学的一种副产品，因为笛卡儿第一个认为，全部自然知识都与自然法则有关。伽利略、哈里奥特、比克曼曾各自独立地发现了我们所谓的落体定律，但他们都没有在这一语境中使用过“法则”这个词。按照布封伯爵（Comte de Buffon）的观点，“自然是造物主确立的永恒法体系”，而科学的核心任务就是对自然法则的识别。注只要愿意，布封完全能够回溯到17世纪，确定一整套在科学革命中已经被发现的法则，如斯蒂文的流体静力学法则、伽利略的落体法则、开普勒的行星运动法则、斯内尔的折射法则、玻意

耳的气体法则、胡克的弹性法则、惠更斯的钟摆法则、托里切利的流体法则、牛顿的运动法则和引力法则。到了布封的时代，这些法则的绝大部分（也许是全部）都已经被赋予了“法则”的称号（只有牛顿在描述他自己的发现时使用了“法则”这个词）。不过，只有少数法则已经获得了以人名命名的称呼，剩下的尚未以它们的发现者命名。有一本关于科学革命的书被命名为“自然和自然法则”（*Nature and Nature’s Laws*），这几乎不令人意外，因为自然法则的发现是科学革命最非凡的成就之一。1703年，牛顿成了皇家学会的会长，起草了一份明确其目标的方案。他写道：“自然哲学在于发现自然的框架和运作方式，尽可能把它们归纳成普遍规则或法则，通过观测和实验确立这些规则，并由此推断事物的因和果……”自然法则现在成了科学的全部。

相比较而言，根据我们的推断，古人仅知道四种物理法则，分别是杠杆法则、光学反射法则、浮力法则、速度的分解法则（平行四边形法则）。或者，倒不如说，古人仅知道我们称作法则的四种原则。当古人想说自然是有规律的、可预言的，他们的确提及了自然“法则”。但是，他们从未把任何特殊科学原则等同于一种法则。古罗马人大谈自然法（*lex naturae*），但他们通常指的是道德法。

一种法就是一种义务（例如，“你不可杀人”），要施加到某种有能力接受或拒绝那种义务的生物（人、天使）身上。道德法适用于理性的、使用语言的生物。自然法则约束所有人，凭借的是他们有能力认识到，存在一些对他们全体通用的道德义务。不存在非人的自然中的法律，因为人类是自然中（就我们所知）唯一理性的、使用语言的生物。说自然世界存在“法则”是一种比喻。在1世纪和17世纪，这种情况就像现在这样显而易见。但是，这种比喻相当直接明了。古希腊人有时使用它（不过，在大多数时间里，他们喜欢比较自然和社会）。古罗马人总是进出法庭，发现它显然指的是一种事实，即自然的运转是有规律的、可预言的。对基督徒来说，它是一个甚至更为明显的比

喻，因为很容易把上帝当成了一位施加了自然法的立法者，把自然人格化为服从于他。

因此，当我们谈论自然法则时，我们有可能在谈论调节人的行为的法律，或调节自然的法则。一个是“自然法”，另一个是“自然法则”，就像我们现在说的那样。在古典拉丁语中，则不存在区别，“*lex*（*or ius*）*naturae*”和“*naturalis lex*（*or ius*）”是同义的，它们最经常的用法是指那些全人类共有（或被认为共有）的道德法。于是，在现代语言中，刚开始时也是如此。在1650年之前，“Law of nature”是英语中最普遍的专有名词（霍布斯是一个极端例子，他在《利维坦》中使用了“natural law”两次，使用“law of nature”则达100多次），“*loy naturelle*”则是法语中最普遍的（“*legge naturale*”在意大利语、“*ley natural*”在西班牙语中也是如此）。把道德法和科学法这两种法区别开的语言学区别是随着笛卡儿出现的，他写过“*la loy*（*or les loix*）*de la nature*”，从未（在讨论科学问题时）写过“*la loi naturelle*”。在笛卡儿之前，“*la loy de nature*”和“*la loy de la nature*”是同义的，只是第一个更加普遍。但是，笛卡儿和他授权把他的著作从拉丁语翻译成法语的译者从没写过“*la loy de nature*”。于是，笛卡儿在法语中选择了他能得到的最不普遍的短语来作为“*lex naturae*”的翻译，为的是用它来准确指代科学法则，而非自然法。在德语中，通过一个相似的过程，比较罕见的专有名词“*Naturgesetz*”开始有了自然法则的意思，而比较常见的专有名词“*Naturrecht*”则继续表示自然法的意思。

与一个常见的短语相比，赋予一个不常见的短语一种新含义肯定更容易一些。然而，英语追随笛卡儿，使用“law of nature”来指科学法则，而非用“natural law”。但是，这有着特殊效果，因为“law of nature”是英语中用来指道德法的最常见的词。使用同一个专有名词来指代二者并不必然会引发混淆。随着时间推移，道德和政治哲学家、神学家基本抛弃了“law of nature”，将其让给了科学家，并转向了“natural law”，使他们自己与法国人、德国人、意大利人保持了一

致。这是关于法语影响英语的一个显著例子，也是科学家第一次决定了神学家的语言的一个显著例子。作为一种结果，对我们现代人来说，自然法则是科学法则，自然法是道德法。在这方面，我们都是笛卡儿派。

4

我们能够发现，早在笛卡儿之前，就有人在科学语境中提及自然法则。为了搞清这一概念的起源，学者们已经在做努力。它无疑有多个起源，也并非因为笛卡儿而具有了全新的含义。我将区别三个起源，其中（在我看来）最重要的迄今已经在很大程度上被忽视了。首先，自奥卡姆的威廉（William of Ockham，1288—1348）起，唯名论哲学家就攻击了亚里士多德的形式学说。他们辩称，不存在形式或本质这样的东西，只存在特殊的物体。当我们谈论形式时，我们是在用我们选择的一个标签（或名称，“唯名论”也是如此），贴到一些特称上。在他们看来，亚里士多德的形式是幽灵般的存在。你永远抓不到它们，但它们却一直在被添加进解释。很显然，在制作一张桌子的情况中，木匠的确拥有一个计划，形式是他头脑里的一种想法，他制作的桌子对应了那种形式。但是，橡树的形式在哪里呢？如果你无法确定它，那么它又能怎样在世界中行动呢？如果宇宙是有规律、可预言的，那不是因为有内在形式，而是因为上帝从外面给它施加了秩序。上帝可能以多种不同的方式创造了宇宙，随意选择把它创造成了它现在的样子，它呈现的秩序是他选择施加给它的秩序。于是，唯名论者让·热尔松（Jean Gerson，1363—1429）主张，“与被创造的万物相关的自然法则是控制了它们的运动和行为、它们朝向它们的目标的趋势的东西”。“法则”一词在这里暗示了外在的、神圣的因果律，但自然法则的特殊内容从来都未被说明。只要存在怪物和奇迹，自然法则就肯定存在偶然的例外范围。一些现代阐释者也许会辩称，自然法则的发明仅能在一种一神论文化中发生，上帝可以在那里被设想为一位绝对的立法者。因此，科学革命应把一切归功于基督教。唯名论的观点肯

定是以神为中心的，但正如我们将看到的那样，其他思考自然法则的方式却并不如此。

其次，在数学学科中，“*lex*”（法）经常被用作“*regula*”（规律）或“规则”的同义词，既指自然规律性，也指自明之理。这里的自然规律性并不能被证明绝对必然。换句话说，不存在完美的哲学（因果关系）解释。于是，罗杰·培根提到了反射法则（反射角等于入射角），哥白尼的弟子雷蒂库斯声称哥白尼发现了“天文学的法则”（哥白尼自己没有这样说过）。正如我们已经看到的那样，拉米斯写到了托勒密和欧几里得的“法则”。“法”这个词暗示了连续不断的规律性，没有例外，但没有传达任何关于因果律的东西。这些法则拥有具体的内容。

在让·费内尔（Jean Fernel，1497—1558）的工作中，这两种传统走到了一起。费内尔最初是天文学家和数学家，然后转向了医学，发明了“生理学”这个专有名词。根据费内尔的观点，存在外在的、不变的控制宇宙的法则，它们是由上帝颁布的，没有它们宇宙将混乱无序。医学法则处在这一比较宽泛的法则框架内。医学的根本法则是古代的希波克拉底原则，即对立面治疗对立面，如发烧要用冷却身体来治疗。这在我们眼里像个原则、格言或经验之谈，不是一个法则，因为它缺乏具体性。

无论是唯名论者的用法，还是数学用法，都不是特别普遍。我们无法证明他们对17世纪的用法有任何直接影响。伽利略提及自然法则仅有三次，每次他都在反驳针对哥白尼学说的神学异议。在他比较正规的科学著作中，不存在自然法则。笛卡儿第一个将普遍法则的思想置于了理解自然的尝试的核心，并且赋予这一思想某种具体内容，首先是在他1630年的通信中，其次是在《世界》（*The World*，于1633年完成，但在他去世后才出版。当听说伽利略被定罪后，笛卡儿彻底放弃了出版的希望）中，接着是在《哲学原理》（*The Principles of Philosophy*，1644年拉丁语版本,1651年法语版本；在较早的《方法

论》中，笛卡儿用“自然原理”这个短语替代了“自然法则”）中。注正如我们已经看到的那样，笛卡儿提出了三个法则，但他的法则尽管是首批重要法则，却没有出现在现代科学发现清单上。笛卡儿的头两个自然法则成了牛顿的第一运动法则，第三个被牛顿的法则驳倒了。

更关键的是，现代法则清单可能会让笛卡儿深感困惑。他的三法则旨在成为仅有的法则。从它们出发，应该有可能产生一个包含自然世界各方面的、完整的知识体系，正如你能从五个公理推导出整个欧几里得几何。他不打算把法则视为可以增殖、增加的。当然，随着他设计出他的法则的含义，他得出了一系列次要结论。举个例子，有7个规则（*regulae*），能让人们预言沿着同一直线运行的物体之间的碰撞发生的情况（这些物体是真空中的物体，不过笛卡儿坚持不存在真空。在充实中运转的物体甚至超出了他的能力），不过这些规则从未被称作“法则”。在半个世界的时间里，笛卡儿的“自然法则”在科学语言的中心确立了自己的位置，但与此同时，其含义却发生了变化，结果很快就不像笛卡儿的原有概念了。

笛卡儿的自然法则概念来自哪里？没错，卢克莱修拥有一种自然法则概念，尽管他没有使用“*lex naturae*”这个短语。作为替代，他使用了（三次）“*foedus naturae*”这个短语。“*foedus*”指的是盟约或契约，但它经常被用作“*lex*”的同义词。卢克莱修的文艺复兴时期阐释者则解释说，他是在谈论自然法则。培根写到了“自然法则和万物的公约”，其实是在改写卢克莱修的话。对卢克莱修来说，磁铁对铁的吸引按照自然法则发生；物种繁殖也是这样，按照自然法则，狗生狗，猫生猫。看上去确凿无疑的是，在系统表述他的自然法则时，笛卡儿肯定想到了卢克莱修。这是因为，在其第一运动法则中，他采用了卢克莱修使用的短语“*quantum in se es*”（这个短语很难翻译，但大概是“尽其所能”）。卢克莱修在《物性论》中使用了四次这个短语，其中两次是在探讨原子自然向下降落的途径，“尽其所能”，通过虚空和一些通道。这预示了笛卡儿的惯性概念。然后，在他定义惯性时，牛顿也使用了

同一个短语。他显然是从笛卡儿那里借用了那个短语，只是后来才发现它源于卢克莱修。

截至目前，在对自然法则思想追根溯源的过程中，我们一直在遵循一条已经确立的论证路线。但是，要搞明白笛卡儿对自然法则的痴迷来自哪里，我们必须考虑一个文本，该文本此前没有在这一语境中被探讨过。我们必须转向蒙田的《为雷蒙德·瑟班德辩护》（*An Apology for Raymond Sebond*）。这是蒙田最长、最具有哲学性的随笔，首次出版于1580年。下面引用的段落最初只包含一段来自卢克莱修的直接引文，但在1588年又被增加了两个。我们立刻就会发现，在“*foedus naturae*”上，它受到了卢克莱修的直接启发。下面是一个缩略版。在它里面，出于简化的缘故，我省略了蒙田后来给1580年文本增加的内容：

我们的任何东西都无法与上帝的自然相提并论，无论以任何方式都不行，否则就会以某种程度的不完美玷污它（即上帝的自然）……

我们几乎是徒劳地希望使上帝屈服于我们人的理解力，然而正是他既创造了我们，也创造了我们知道的一切。“既然不能无中生有，上帝不能凭空创造世界。”这是什么话！难道上帝已经把解开其力量终极原理的钥匙放在我们手里了吗？难道他自缚手脚，不敢超越人类知识的极限？……如果你看那些，你只会看到你居住的这个小小的洞穴的秩序和控制。在此之外，他的神性拥有一个无边无际的辖区。我们知道的那一点东西根本无法与一切相比：

omnia cum coelo terraque marique

Nil sunt ad summam summaïtotius omnem.

［卢克莱修：“整个天空、海洋、陆地都无法与最伟大的一切之一切相比。”］

你所引用的法律是子法律（*une loy municipale*），你没有宇宙（*l'universelle*，即*la loi universelle*）法的概念。你屈从于限制，用它们来约束你自己，而非用上帝……［蒙田列举了各种奇迹］物质体不可能穿过坚固的墙，人不可能活着待在火炉里……他是为你制定了这些法律（regles）的，要受它们约束的是你。只要愿意，上帝可以完全不受它们的限制，他已经使基督徒见证了那一事实……

在你的理性成功地让你相信存在很多世界时，它获得最大的可能或最好的基础……因此，上帝不大可能只创造了这一个宇宙，没有和它相像的别的宇宙……现在，如果正如伊壁鸠鲁和几乎整个哲学已经认为的那样，存在几个世界，我们又该怎样知道，适用于这一世界的原理和法则同样适用于其他世界呢?

蒙田这里的思想源自他对卢克莱修著作的阅读。在他自己的副本中，挨着卢克莱修探讨"*foedera naturae*"（自然法则）那四个段落中的一个段落，他总结了卢克莱修的观点。他写道："自然的行为的有序和一致凸显了其原则的一致。"他在这里驳斥的好像正是这一立场。要判断他是否真诚有点困难，因为在强调他对奇迹的信仰后，没过几个段落，他就开始让奇迹概念完全成了主观的了。对我们的直接目的来说，重要的是他的探讨经由什么途径在后来的关于自然法则的文献中引起了反响，因为所有受过教育的人都肯定读过蒙田的著作。

这里是沃尔特·查理顿在1654年写的文字，在一定程度上改写了蒙田的话：

按照自然法则，宇宙中的每个物体都被交付给了它特定的场所，即这样一部分空间，与它的大小正合适。因此，无论一个物体是静止着，还是被移动了，我们都知道它所处的地方是一个，并且是相同的那个，即等于它的大小。

我们说，按照自然法则。这是因为，如果我们相信其创造者的全能，并考虑到造物主不会让自己受限于他的智慧施加在被造物之上的那些基本法则，那么我们必须开动脑筋去思考一种更为关键的观念，让我们的理性遵循我们的信仰，去承认一种没有广延性的物体存在的可能性，承认一个物体的广延性在该物体自身不存在的情况下始终如一的可能性。正如在我们的造物主向他的使徒显灵的过程中那样，在他复活后……被抑制住的疼痛［和蒙田的“物质体不可能穿过坚固的墙”比较一下］。我们哪种方式都理解不了，即一个没有广延性的物体的存在和没有一个物体存在的广延性，因为我们狭隘的智力无法明白自然中最小的后果，必然承认没有能力理解超自然之物。但是，只要谁承认上帝有能力在没有前存在物质存在的情况下创造了一个物体，那么他就无法否认上帝同样有能力把同一个物体再次缩减到一无所有。

下面是玻意耳跟随蒙田对宇宙法则和自然的地方性法则（正如他意识到的那样，“municipal laws”用在英语里显得有些古怪。我可以确定，他之所以使用它，是因为他脑子里有蒙田的思想）做的区别：

我们有时候可以有效地区别自然法则（这样称呼更恰当）和自然习惯。或者，如果你愿意，可以区别有形万物之中的根本的、普遍的规则和仅属于这类或那类物体的地方性法则（如果我可以如此称呼它们的话）。比如说，再拿我们从水中得出的例子，并对其多少加以改变。如果水落向地面，那么可以说它是按照自然习惯这么做的。那种液体向下的倾向几乎一向如此，如果它没有受到外部阻碍，就真的会落下来。但是，当水在一个泵或其他器具中被向上吸时，那种运动就与常见的运动正相反，是按照一种更加普遍的自然法则进行的。通过这种法则，它被提供了一种更大的压力。就我们的例子来说，水要承受的压力是来自现有空气的压力。这种压力应该大于一个在泵里或管子里上升的、较小的力。在这里，这种较小的力就是水的重力。

笛卡儿肯定也读过蒙田的著作，并且从他那里吸取了一种令人吃惊的思想，即一种适当的自然法则可以是普遍的，前提是它不仅对这个宇宙为真，对任何可能的宇宙也要为真。如果把这一点当作自然法则的核心特征，那么我们就很难搞清亚里士多德学派怎样才能拥有关于它们的概念。在亚里士多德物理学中，月下球体和月上球体有不同的法则。一个球体存在变化，自然运动是垂直运动；另一个球体则没有变化，自然运动是圆周运动。不存在两个球体共有的物理法则。在月下球体里，系统表述一些普遍法则也许显得容易，如所有的活着的生物都会死，孩子像他们的父母。但是，凤凰不会死，畸形儿不像他们的父母。亚里士多德学派因而承认，在月下球体中，不存在没有例外的规律性；在月上球体里，所有规律性都是没有例外的规律性；适用于两个球体的规律性是不存在的。其结果是，不存在亚里士多德派的自然法则。

然而，笛卡儿不是在追求有限意义上的普遍性。如果是在有限意义上，我们就可以理解那个名称。他追求的是蒙田采用的那种较强意义上的普遍性。在蒙田探索何种法则会适用于其他宇宙时，他假定了这些法则的存在。在《哲学原理》（1644）中，笛卡儿坚持认为，他正在描述的不是控制我们宇宙的法则，而是另外一套法则。在这样一套法则下，如果你从混沌开始，那么一个与我们别无二致的宇宙就会生成。笛卡儿向我们保证，我们的宇宙的开端不是这样，因为正如众所周知的那样，上帝创造了我们的宇宙，安排了它的秩序。但是，这能使我们确定需要适用于任何可能的宇宙的法则。在这里，笛卡儿使自己陷入了混乱。他企图像唯名论者那样，坚持上帝自由决定了自然法则是什么，甚至还决定了数学是什么，因为它们对我们来说似乎是必要的，但对他来说却并不必要。与此同时，他想主张，任何理性的神如果想创造一个有序、一致的宇宙，就必然选择这些法则。正如牛顿的弟子罗杰·科茨所抱怨的那样：

如果有谁［即笛卡儿］想仅凭他自己的脑力和他理性的内部之光，去发现物理学的真正原理和自然万物的法则，那么他就必须要么假定世界之存在出于必然性，出于遵循被提出的法则的那种必然性，要么假定自然秩序是按照上帝的意志被确立的。作为一条可怜的爬虫，他能够分辨哪种情况最符合实际。

笛卡儿是怎样陷入这种混乱的呢？这是因为，他试图确立的法则，用蒙田的话说，是真正普遍的法则，会在两种宇宙中发挥作用。一种宇宙是万能的上帝创造的；另一种是伊壁鸠鲁的宇宙，是由原子的任意连接创造出来的。他之所以没能用“法则”这个词来指代局部作用，原因也在于此。(注)

笛卡儿的自然法则概念影响深远。在《原理》中，就像笛卡儿那样，牛顿也只有三个法则。他认为，开普勒的行星运动原理（开普勒从未称其为法则）正如开普勒所提出的那样，只是统计学上的规律性。只有当它们被证明必然源自引力原理这一真正普遍的原理，就像伽利略的落体法则那样，它们才获得了如同法则的地位。（牛顿显然在是否把引力法则称作法则上犹豫了，因为它与笛卡儿三法则并不相似。牛顿的确在《光学》中将其称作法则，但在《原理》并未如此。）玻意耳也显然认为，仅有为数不多的几个“比较普遍的法则”，它们是名副其实的自然法则。

但是，培根提出了一种不同的方法。在一个终极法则（他称其为“*summa lex*”，即根本法则，但他从来没弄明白它是什么）之下，他曾经寻找了其他次级法则（他有时候认为它们是根本法则内的“条款”），因为毕竟就连蒙田也允许地方性法则的存在。热法则是培根举的例子，它将把热的本质限定在它的各种表现内。卢克莱修则探讨了磁性法则。这一方法打开了通向法则增殖的道路，玻意耳关于气体的假说（他从未将其称作法则）现在可以被算作一个法则了。我们发现，这一比较宽松的态度已经在沃尔特·查理顿那里发挥作用了。在查

理顿那里，不同于“自然借以产生所有结果的普遍自然法则”的其他法有很多，如“稀薄和稠密法则”“得到确立的、不变的磁铁吸引法则”。最终成了皇家学会和18世纪科学的方法的，正是这种比较宽松的卢克莱修、培根、查理顿的方法，与蒙田和笛卡儿大胆得多的方法形成了对照。

5

笛卡儿及其追随者首次强调了自然法则的思想，他们面临了一系列神学困难。尽管如此，他们依然辩称，与亚里士多德学说相比，他们的方法更容易与基督教调和。这是因为，亚里士多德相信宇宙是永恒的，不相信个人永生。这里有四个特殊问题。

首先，怎样才能造就灵魂，使其适合一种机械论的宇宙呢？笛卡儿对思维和物质做了严格的区分。思维是非物质的、不朽的，因此思维和感觉的时空世界之间的关系天生存在问题。笛卡儿尽其所能地解决了这个问题，声称思维通过松果腺作用于身体。作为一种结果，思维成了“机器中的幽灵”。

其次，上帝在宇宙的创造中起了什么作用？笛卡儿欲设想这样一种宇宙，上帝在其中设置了初始条件，然后留下机器自己组装、运转。不过，其他人则主张，笛卡儿描述的那种普遍法则显然永远也不能产生你可以在一条狗的爪子里发现的那种完美的设计。笛卡儿从未比较作为整体的宇宙和人造的机器，因为他不打算说，宇宙是被有意设计和建造的，就像人造的机器那样。另一方面，罗伯特·玻意耳则坚持，那正是你思考宇宙所必须采取的方式。他追随开普勒，把宇宙比作时钟，进而把上帝比作钟表匠。笛卡儿的宇宙是一台自动机械装置，不过（至少潜在地）是一台自我组装的自动机械装置。笛卡儿的宇宙不是为人建造的，玻意耳的宇宙则是。我们被赋予了在玻意耳的宇宙里有宾至如归感觉的权利，即使它是一台机械装置。在笛卡儿的

宇宙里，不朽、非物质的灵魂究竟有没有宾至如归的感觉，则不清楚。

其三，自然法则怎样发挥原因的作用呢？可以论证2+2在任何宇宙中都等于4，杠杆和天平在任何宇宙中都肯定以同样方式运作。但是，反射角在任何宇宙中都需要等于入射角吗？有没有可能存在一个宇宙，而笛卡儿的第三自然法则真的在其中发挥控制作用？如果自然法则是某种小于数学真理、大于被察知的规律性的东西，那么似乎很显然，它们之所以存在，仅仅是因为上帝选择使它们适用。这是唯意志论，并且他似乎自然遵循了自然法则的思想。这里存在一个难题，因为唯意志论的标准替代选项是唯理论，且唯理论者会坚持数学法则等自然法则之所以存在，是因为它们是必要的。笛卡儿在大多数问题上都是一个唯理论者，但只要涉及自然法则，他仿佛就想使它二者兼具。

一个相关的问题是，上帝在因果律中扮演了什么角色？他是仅仅设置了普遍规则，还是干涉了每个和所有因果律，以确保规则被应用？在我的键盘上，如果我按换挡键，那么我就不能打小写字母。这里不牵涉选择，字母必须是大写的。制造商在电脑被设计时做出的一个选择决定了这一点，现在什么也无法改变它了。另一方面，几乎每次我打“Q”字母时，我都会跟着打“U”字母。但是，“Q”和“U”之间没有因果联系，我只是选择了让一个跟着着另一个。如果说，就像我选择让“U”跟着“Q”那样，上帝也动手创造了每个时间节点上看似因果联系的东西（严格地说，没有因果关系，只有时间上的巧合），那么这就被称作偶因论。马勒伯朗士（Malebranche）及笛卡儿的其他追随者采纳了这一点。牛顿有时候也好像说，引力吸引的每个行为都直接出自上帝的意志。你如果不是唯意志论者就不可能成为偶因论者，每个唯意志论者都至少在偶因论的道路上迈出了第一步。

一些科学史家想证明，没有唯意志论，你就无法拥有自然法则；没有一个全能创造者上帝，你就无法拥有唯意志论。其结果是，古希腊人和古罗马人没有能力系统表述自然法则的思想，而因为没有它们，所以他们不能发展现代科学。这肯定会让笛卡儿和牛顿感到困惑，他们发现，（就笛卡儿的情况来说）卢克莱修启发了他们自己的思想，或者（就牛顿的情况来说）是他们的预兆。全能创造者上帝的思想也许有助于系统表述一种自然法则理论，但主张他是一个必要前提似乎是错误的。

这就带给了我们第四个，也是最后一个问题，即：上帝凌驾于自然法则之上吗？玻意耳乐于证明上帝使奇迹发生，并且在这么做的时候，上帝违背了自己的法则。但是，伽利略把自然描述为无情的、不变的，并且很难理解笛卡儿的法则怎么可能有任何种类的例外。法国的笛卡儿派面临着有效的审查，因此说话必须小心。笛卡儿于1641年出版的《沉思录》（*Meditations*）在1663年被列入天主教会禁书榜单，因为笛卡儿的微粒说（因为就像卢克莱修的原子论那样，它否认存在本质或形式这样的东西）被认为有悖于天主教的化体教义（它宣称，在弥撒期间，面包和酒的本质发生了变化，尽管它们保持着原来的外观）。在新教国家，审查不太严苛。当然，对什么可以出版，还是存在一些限制。因此，牛顿的一些弟子准备遵循自然法的逻辑，一直到其结论，同时保持所发生的一切都按照自然法则发生。举个例子，威廉·惠斯顿（William Whiston，牛顿的学生，他们都是阿里乌斯派。就是说，他否认基督一直存在。其结果是，他也否认三位一体教义）于1696年提出，大洪水是地球穿过一颗彗星的尾巴造成的。与之相似的是，关于红海的分开或埃及的瘟疫，也肯定存在自然的解释。神的旨意的迹象是，上帝安排了这些例外，以符合它们的需要。

新教徒早就主张，天主教徒报告的现代奇迹（在它们不是欺骗的情况下）只是对自然事件的误解。同样的观点此时被应用到了《圣经》自身。与《新约》相比，把这样的理论应用到《旧约》上显然比

较安全。但是，通过暗示，基督的奇迹乃至复活也可以被理解成自然事件，并且这极为符合对神的干预的表象的需要。因此，我们也可以主张，当上帝回应祈愿时，他并没有为了回应祈祷而改变事件过程，而是作为全能的上帝，他事先知道祈祷后面将跟着一个看似回应的事件。奇迹和对祈祷的回应于是完全成了主观经验，而在客观上，除了巧合，那里不存在任何东西。蒙田已经问道："我们称作奇迹或与自然对立的东西究竟有多少呢？所有的人和民族都按照他们无知的尺度行事。"

---

1. 我们将在第12章再谈到机械论。

2. 现在还有没有笛卡儿派呢？1980年，在蒙特利尔，有人递给我一个小册子。它驳斥了牛顿对引力的解释，捍卫了经过修正的笛卡儿的解释。因此，或许仍有笛卡儿派。

3. 我把"自然法则"和"科学法则"当成了同义词，不过我也清楚，有些哲学家想用这两个词作为标签，以区别两种不同类型的法。

4. 较早时候，在《新工具论》（1620年）中，培根已经提出，自然法则的发现是自然哲学的根本目标（Book 2，aphorism 2：Bacon，Works，1857，Vol. 1，228），但对他来说这是一种事业，而非一种成就。

5. 在关于自然法则的现代哲学探讨中，这种混乱也有所反映。大体而言，有两个派别。一派坚持，自法则不过是我们从自然中识别出来的规律性。另一派则坚持，它们是世界的必然特征。规律派是唯名论者的继承者，必然派是伊壁鸠鲁派的继承者。结果是，在如何回答"什么是自然法则"这个问题上，不存在一致意见。

第十章　假说/理论

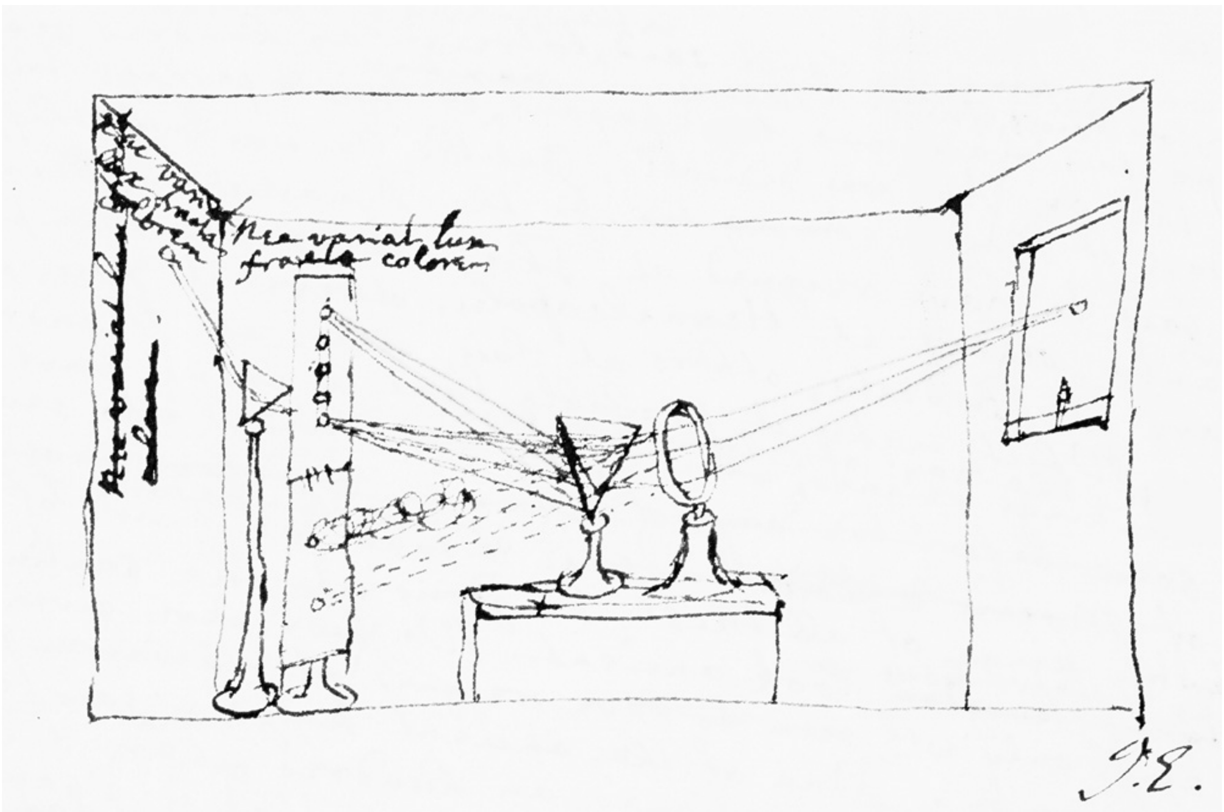
……一份关于一个哲学发现的报告……根据我的判断，如果不是迄今为止在自然的运转方面所做的最重要的发现（detection）㊟，就会是最奇怪的发现。

——艾萨克·牛顿致亨利·奥尔登堡，

1672年1月18日

1

“1666年伊始”，牛顿刚满23岁（他的生日是圣诞节）。此前一年，他获得了学士学位。一年左右时间后，他开始发展他的引力理论。不到四年后，1669年10月，他荣获卢卡斯数学教授席位（当时剑桥唯一的数学教席）。正好四年后，在1670年伊始，他第一次在大学里讲课，讲的是光学。早在1666年伊始，他对他的读者说，他得到了一个棱镜。在牛顿之前，已经有很多人使用棱镜，把光分成了光谱的各种色彩。凑巧的是，他们全都把光从棱镜投射到了附近的一个平面上。在三一学院他的房间里，牛顿架起了他的棱镜。他在他的窗户的百叶窗上钻了个洞，让一束细细的光线射进来，然后把他的棱镜放在那个洞的附近，以便让从洞里射进来的光被投射到22英尺（约6.7米）外的一堵墙上。太阳是圆形的，牛顿百叶窗上的洞也是圆形的，因此墙上的彩色光斑也应该是圆形的。但是，它不是圆形的，它的长是宽的五倍。



这幅关于那一决定性实验的草图是牛顿绘制的，为的是给法语版的《光学》（1720）所配的插图提供指导。一束光通过右面百叶窗里的一个洞，射进了黑暗的房间。它经过一个透镜，以收窄光束，然后通过一个棱镜，被分解成了彩虹的色彩，然后以长圆形的形状被投射到了一个幕上。一种色彩通过幕上的一个洞，碰到了第二个棱镜。这种色彩第二次被折射，但它仍是一个细小的光束，它的色彩没有被改变。

牛顿考虑了各种可能性。他确定棱镜没有任何问题，光沿着一条直线从棱镜射到了墙上；光也没有像旋转的网球那样以奇怪的方式弯曲。于是，他让那束光经过了棱镜前面一个更小的洞，然后让显现的光的微小部分通过一块板上的另外一个小洞，在板的另一边放了第二个棱镜。白光进入棱镜，被分成了光谱的各种色彩。但是，当每种色彩穿过第二个棱镜时，色彩不变。每种被第二个棱镜折射的色彩在程度上和被第一个棱镜折射时一样。他将这一实验称作“决定性实验”。牛顿已经发现，白光不是纯一的，而是由光谱的全部色彩构成，每种色彩穿过棱镜时被折射的量不同。他进一步得出结论，反射望远镜远远优于标准的折射望远镜，因为形象不会被光谱不同色彩的光晕毁损（当然，又过了两年，他才有机会合理地贯彻这一思想）。[注]1670

年，他开始讲授他新的光和色彩理论。1672年，这成了他的第一部出版物——《剑桥大学数学教授艾萨克·牛顿先生的一封信，包括他关于光和色彩的新理论》（A*Letter of Mr Isaac Newton,Professor of the Mathematicks in the University of Cambridge;Containing His New Theory about Light and Colors*）。

不过，牛顿讲述的故事存在问题。在那一年的伊始，他无法在剑桥完成自己描述的实验，因为这实验要求太阳达到地平线之上40°的仰角。无论如何，牛顿在1666年伊始都不在剑桥。在他晚年的一次谈话中，他说他于1665年8月在斯特布里奇集市买了那个棱镜（在1663年的手稿中被校正了），但1666年没有举办集市，1665年的集市举办时他又不在剑桥。我们充其量可以这样说，第一次棱镜实验可能发生在1666年之前不久（当时牛顿为了躲避瘟疫离开了剑桥），棱镜是在别的某个集市上买的，然后牛顿做了进一步的实验，其中包括1668年夏天的那次具有决定性的实验。

确切的日期几乎无关紧要。牛顿的笔记本提供的证据更为重要。他的笔记本暗示，他在1664年就了解了色彩存在差别的折射，那时候他已经有了一个棱镜（也许是于1663年8月在斯特布里奇市场购买的）。牛顿透过他的棱镜看着一个卡片，卡片一半是白的，一半被涂成了黑色。他还看了一根线，线的一半是红的，另一半是蓝的。在这两种情况下，棱镜似乎都把目标一分为二，没有把两种色彩排列起来。当牛顿在1666年做实验时，实验也许经过了有意设计，为的是产生拉长的光谱。按照他的描述，这一结果好像完全是个意外。牛顿的现代传记作者理查德·韦斯特福尔（Richard Westfall）得出结论，就牛顿所谓的对被棱镜投射拉长的形象感到意外的说法，我们应该将其视为“一种修辞手法，不应该按字面理解”。托马斯·库恩则坚持，“牛顿于1672年写的报告的暗示是错的，因为牛顿就像第一篇论文可能暗示的，并没有这么直接或这么立即地从第一个实验进行到那种理论的最

终版本”。彼得·迪尔（Peter Dear）则进一步（也许走得太远）说，牛顿的描述是“假的”，因为“被描述的事件其实没有发生”。

为什么牛顿会以这种方式重新描述实际发生的情况呢？一种可能是，他想假装他的工作已经是从现象到理论，而不是倒过来。皇家学会钦佩培根，而从现象到理论是培根的前进方式。另一种可能是，他的决定性的实验的说法是对帕斯卡尔的多姆山实验的一种含蓄的肯定。帕斯卡尔的实验之前已经有过实验和理论化，不过是以一种不相干的方式。为什么不单刀直入呢？（玻意耳也许会感到恐惧，因为他一直坚持认为，实验报告必须是对实际情况的忠实记录。但是，在从他出版的论文版本里删去的一页上，牛顿表达了对冗长的历史叙述的不耐烦。）

我们可以质疑牛顿何时做了棱镜实验，可以质疑他做实验的顺序，也可以质疑他究竟在什么时候系统表述了他的第一种理论，但在牛顿是否做了他描述的实验上，却没有质疑的余地。那些事件肯定发生了，即使何时、何因现在难以确定。传统的科学史倾向于就此止步。但是，我想关注别的东西。牛顿在他的第一种出版物中说，他正在呈现一种新“学说”。编辑奥尔登堡给那一文本配的标题是“艾萨克·牛顿先生的一封信……包括他关于光和色彩的新理论”。这是《哲学汇刊》中第一篇标题有“理论”一词的文章。只是在接下来的通信里，牛顿自己才采用了“理论”一词。批评者伊格内修斯·帕迪斯（Ignatius Pardies）称牛顿的论文是“一种最巧妙的假说”“一种非凡的假说”。他说，如果它是真的，那么它就会颠覆光学的基础。牛顿用拉丁语做了回应。他解释说，他已经决定不把这当作一种侮辱：

我不认为可敬的神父把我的理论称作假说是不适当的，因为他不熟悉它。但是，我的意图却大相径庭，因为它似乎只包含了光的特性。光的特性现在已经被发现了，我认为证明它们很容易。如果我不

把它们当作真的，那么我宁可人们把它当作徒劳、空洞的推测，也不愿意人们承认它是一种假说。

帕迪斯做了回答，坚称他不使用那个词不是“出于任何不尊重”。牛顿回答说，他认为他的工作确定了光的属性。如果有谁想，那么他可以就那些属性的可能原因提出假说。但是，假说应该对事物的属性有用，并且只有能引领人们去设计新实验的假说才是有用的假说。他进一步抱怨道，至少在这个事例中，构建似乎符合事实的假说并不难。他这样说：“给这一学说提供假说并不难，因为如果有人想捍卫笛卡儿的假说，他只需说，那些小球(注)是不同的，或一些小球的压力比其他强，因此它们被折射的程度不同，并适当地引发了不同色彩的感觉。”（我们从牛顿的笔记本中获悉，他根据一种思想开始了他对折射的研究。这一思想是“移动慢的光线被折射的量要多于移动快的光线”，正是他此时视为没有意义而加以拒绝的那种假说。）他在信的结尾重返那一主题，并且说他确信帕迪斯没有伤害他的意思，“因为在哲学中，一种呼吁对名为假说的无论什么东西进行解释的做法已经出现”，但他觉得这一做法将被证明“对真正的哲学有害”。

他自己其实已经在原版中使用了“假说”这个词，不过仅指一种不精确的数学经验法则。更重要的是，在奥尔登堡删去的那一段上，牛顿坚持他正在提出的不是一种假说，因为他已经证明他的结论确凿无疑。(注)帕迪斯因此触及了牛顿和16世纪60年代、70年代初期的皇家学会之间的一种根本差异。与牛顿不同，皇家学会青睐假定性的观点表达。那么，我在这一章中的首要目标是确定牛顿为什么敌视“假说”这个词，为什么觉得它在他自己的工作环境中被使用算得上一种羞辱。

2

“假说”一词是一种新时尚，始于1644年出版的笛卡儿的《原理》。在那部著作的第三部分，笛卡儿从已经被提出的各种“假说”转

向了解释行星的运动（托勒密、第谷和哥白尼的那些运动），转向了讨论解释地上的运动和变化的任务。有三个关键段落（43—45）带着下面的旁注：

43：如果一种原因可以让所有现象都能从它那里被清晰地推导出来，那么它几乎不可能是真的。

44:虽然如此，我想让我将要在这里列出来的原因仅仅被视作假说。

45：我甚至将做出一些被认定是假的假设。

不出所料，笛卡儿的系统表述引发了困惑和争议。首先，他似乎想说，假设的原因能够给人真正的知识。接下来，他退一步说，他的观点只是假设。最后，他承认，他的一些观点必然是假的。这将新哲学置于了何地？它是在生产不容置疑、无可争辩的知识，在生产或真或假的知识，还是在生产显然为假的知识？从1644年起，假说的使用和地位变成了一个核心问题。

为了弄明白这里正在进行什么，有必要知道“假说”（hypothesis）在中世纪有三种不同的专门含义。在逻辑中，假说是在命题之下而来的某种东西（“hypo-”在希腊语中的意思是“下面”，就像在“hypodermic”中那样，指的是一根在皮肤下走动的针）。因此，你可说，人必死；苏格拉底是人，因此苏格拉底必死。这里的苏格拉底是人的陈述是一种“假说”，跟着命题，产生了苏格拉底必死的断言。它可以以假设形式得到表述，即“如果苏格拉底是人，那么他必死”。这个例子很简单，但不妨思考另外一个例子。例如，使徒彼得拥有高于教会的权威；教皇是彼得的继承者，因而教皇拥有高于教会的权威。天主教徒会把这一点视为一个正确的三段论，而新教教徒则会坚称它是假的。教皇作为罗马主教也许是彼得的继承者，但他不是必然意义上的彼得的继承者。

数学中也使用“假说”这个词，指的是论证所基于的假设或假定。举个例子，在几何中，你可以提议辩论两个角相等的假定，即使它们没有被证明相等。但是，在数学中，“假说”一词也有一个大为不同的专门含义。假说是理论模式，产生了行星未来在天空中的位置的预言。不同的假说也许会产生同样的结果。举个例子，偏心轮会产生和均轮之上的本轮完全相同的运动。喜欢一个而不喜欢另一个也许有哲学原因，但天文学家可以愉快地使用任意一个来做计算。因此，关于假说，重要的不在于它是否真实，而在于它是否产生准确的结果（我们认为是错误的假说完全有可能产生精确的结果）。在受邀表达是喜欢托勒密还是喜欢哥白尼时，亨利·萨维尔回答：“我不在乎哪个更真实，只要现象得到解释，描述恰如其分就行，因此无论是托雷密的老路，还是哥白尼的新路，都同样对天文学家有用。”在这个含义上，关于可以解释现象但未必是真的描述，我们发现霍布斯在1640年前使用了“假说”（用的是拉丁语）。在探讨宇宙学时，笛卡儿也是在这个含义上使用了“假说”这个词。(注)

然而，那些认为哥白尼学说差不多是真的人却坚持，在这一事例中，假说的真实性很重要。开普勒区别了几何学假说和天文学假说，认为前者是用于产生预言的数学模式，后者是行星穿越天空的实际路径。作为几何学假说，托勒密体系、第谷体系、哥白尼体系是相当的，但作为天文学假说，它们却极为不同。正是循着这种思考路径，我们似乎找到了英语中对作为一种需要验证的理论的假说的首次提及。在他于1576年出版的他的父亲的《永恒的预测》中，托马斯·迪格斯提议对“一种关于对罗盘磁差的假说或假定的情况进行数学权衡（即衡量，意思是评估）”。其含义是，如果假说通过了检验，那么就可以把它当作真实的陈述而加以宣扬。这似乎是以其标准的现代含义首次使用“假说”这个术语，至少在英语中是这样。(注)对那一小群在罗盘的磁差中寻找一种数学模式（罗伯特·诺曼将其称作“一种带着假设的理论，以及消除磁差明显的无规律的规则”）的人来说，采用天文学

的“假说”语言并赋予它一种新的实验方法是简单的一步。但是，这一方法实际上标志着一种新科学哲学的诞生，科学原理现在成了经受住经验检验的假说。因此，在其于1616年出版的《关于海洋洋流的对话》（*Discourse on the Flux and Reflux of the Sea*）的对话中，伽利略将他的潮汐理论呈现为一种假说，该假说需要被一种系统观测计划加以证实或证伪。

玻意耳一再以这种含义使用“假说”一词，甚至还写了一篇关于“优秀假说之必要”的短论（从未发表）。玻意耳认为，假说是朝向确定真理迈出的有用一步。优秀的假说引发新颖的预言，这些预言可以接受实验的检验。最好的假说就像密钥，让人能够破解加密通信。现在一切都可理解，而这显然才是正确的解决之道（这正是笛卡儿在“旁注43”中表达的观点）。㊟洛克的《人类理解论》（*Essay concerning Humane Understanding*）的一部分就论述了“假说的真实应用”。他承认假说可以引领我们走向新发现，但强调绝大多数（“我几乎要说全部”）自然哲学假说不过是非常可疑的推测。

另一方面，就像牛顿那样，威廉·沃顿通常用这个词来指虚假或不令人满意的观点。对沃顿来说，说一种观点是一种假说等于拒绝它，因为如果它真的解释了一切现象，就不再是一种假说了。我们会发现第三种用法，就像笛卡儿的“旁注45”中那样，用“假说”来指一种被承认为假但坚持在某方面有用的观点。在其匿名为哥白尼的《天体运行论》所写的前言里，奥西安德尔坚持认为，哥白尼的著作应该被解读为呈现了一种假说，而非描述了世界的真实状况。贝拉明对伽利略说，如果伽利略把哥白尼学说当作假说，那么伽利略就可以谈论它。对贝拉明来说，哥白尼学说是不真实的。笛卡儿遵循这一传统，在“旁注45”中使用假说来指那些出于神学缘故应该被视为假的原理，但如果有人假定它们是真实的，那么它们也是有用的。㊟

我们必须还要提一下“假说”的另外一个用法。在吉尔伯特的《磁铁论》（1600）中，这个词以一种纯传统的方式被用在了文本的主体里，用来指诸如哥白尼学说的假说。但是，在前言里，奇怪的情况发生了：

在我们中间，就这些书里记录的东西而言，还没有哪个被探究、演示和重复过。在我们推理和假说中，有很多东西在被普遍接受的观点中是奇怪的，或许初看之下会显得相当难懂。然而，我毫不怀疑，它们将来依然会从展示（即实验）自身中获得权威……我们只是很少引用古希腊作家来支持我们，因为……我们的磁铁学说与他们绝大多数的原理和信条相左……我们的时代已经发现、揭示了很多东西。如果他们现在活着，会愉快地接受它们。因此，我们也会毫不犹豫地在令人信服（或然性）的假说里，解释那些我们通过长期的经验发现的东西。

吉尔伯特在这里使用的“假说”一词其实相当于我们会使用的“理论”。我们认为假说需要证实或证伪，但吉尔伯特的假说源自一系列实验，并得到了这些实验的证实。它们是新被添加的可靠知识。用我们的话说，它们是理论。我们在伽利略的著作中也发现了同样的用法。在其关于太阳黑子的书（1613年）中，他说他提出的月亮不透明、多山的观点是一种真实的假说，已经为感觉经验所证实。

于是，“假说”的标准现代含义直到17世纪60年代才被牢固确立起来。“假说”的标准现代含义是指一种也许在适当时候被检验、一旦得到证实就会被提高到理论地位的解释。1660年，玻意耳描述了克里斯托弗·雷恩提出的一种实验，该实验“将会发现笛卡儿关于海洋的退潮和流动的假说是真实的，还是错误的”。鲍尔于1664年出版的《实验哲学》经常使用这个词。接下来，在1665年，胡克用一篇致皇家学会的献词作为他的《显微图》的前言。献词中说：“你自己在你的哲学发展中指定的规则的确好像是那些已被践行的规则中最佳的，尤其是那些

避免教条化、避免支持未充分以实验为基础并得到实验证实的假说的规则。”从那个时候以来，含义为可以被观测或实验证实或证伪的推测或探寻（用胡克的话来说）的“假说”成了新科学术语学的核心。实际上，你可以说，只是在皇家学会成立以后，“假说”才真正获得了其现代含义。

假说的这些不同含义有助于解释其在17世纪文本中的特殊分布。伽利略、帕斯卡尔、笛卡儿、牛顿等绝大多数数学家熟悉这个词在专门的天文学中的使用，意欲在其他语境中使用它。但是，一旦把哥白尼学说当作假说变得普遍，然后其他假说（磁性的、原子的、机械的）就增加了。这些假说是新科学的大理论。较小的假说可以被完全包括在它们里面，如迪格斯对磁针偏角的解释，或玻意耳对空气弹簧的解释。

但是，这一术语并非不存在争议，尤其是因为笛卡儿已经承认他的假说可能（在一些情况中的确必然）是假的。牛顿在《原理》第二版（1713年）写道，“*hypotheses non fingo*”。我们知道他自己会把这句话翻译成“我没有想象（feign）假说”，“fingo”和“feign”在这里的意思是“想象”，而想象是“feign”在17世纪里的核心含义。注852于是，哥白尼和弗朗西斯·培根都写到了天文学家“想象”了偏心轮和本轮。他们想表达的是，这些东西是想象的实体。注牛顿所说的“我没有为了解释自然属性而发明想象的实体”，表达的也是这个意思。注在《方法论》中，笛卡儿已经把亚里士多德哲学当作“推测的”而加以摒弃，而他自己的哲学将通过提出随后能够被实验检验的解释（我们会说是假说），达到真理。他承认，在彼此竞争的解释之间做出选择往往是不可能的，因为人们无法看到不可见的微粒世界发生的实际情况，而我们可见的世界就是由微粒世界构成的。就像一个钟表匠，他从外面看着一个时钟，能够想象各种装配它的方式，因此哲学家必须承认，关于一种自然过程，可能存在几个同样优秀的解释。我们总是有可能设计一种检验，以便在它们之间做出选择。当牛顿坚持他没有想象假说

时，他拒绝的正是这一构建或真或假的解释的过程。（尤其是“假说”和他的老对手胡克有关，这也许不无关系。）就牛顿而言，唯一有价值的假说是那些能够被检验的假说。如果它们经受住了检验，那么它们也就不是假说了。吉尔伯特和伽利略用“假说”指的不是也许真实的主张，而是我们能够确定为真实的主张，不过这对牛顿来说应该没有意义，正如它在我们眼里显得有点奇特那样。

3

通过显示气压计中水银的高度与空气的高度有直接关系，帕斯卡尔的多姆山实验解释了前者。它使一种因果关系变得可见了，因为空气的高度和水银的高度互相平衡了。从传统的17世纪哲学家的观点看，这是一种特别的解释。就亚里士多德而言，正如我们在第三章看到的那样，因果解释有四个成分，分别是形式因、目的因、质料因和动力因。在帕斯卡尔对水银在托里切利管中不降的原因的解释中，形式因和质料因弱得引不起兴趣，目的因已经完全消失了。你可以用水或酒来代替水银，因此具体的物质并不相干，任何液体都可以。你可以用铅管来代替玻璃管，因此质料因再次无关紧要，任何一头密封的管子都能用。水银没有直立成柱状的自然倾向，因此目的因在这里也没起作用。这里只有动力因，即重量的平衡；还有一种使平衡成为可能的结构或形式，即一根密封的、上下颠倒的、浸在水银里的管子。对亚里士多德派来说，只有一种学科能够隔离动力因和结构，忽视其他全部东西，也就是数学。帕斯卡尔的解释是一种机械解释。其奇特之处在于，它把机械解释的范围从杠杆和滑轮的人工世界，扩大到了气体和液体的自然世界。不仅如此，就像任何机械解释那样，帕斯卡尔的解释可以在数学上被表达为一种度量单位（每平方英寸有多少镑重，或水银柱的高度，几乎是一回事），或者被表达为一种比例（由于气压计是平衡的，两种重量的比例为1:1。但是，如果把气压计带到多姆山顶峰，y米的空气在重量上等于x厘米的水银）。玻意耳对真空

辩论的贡献之所以被命名为“物理—机械新实验”，原因就在于机械学现在被用来解释物理学了。

帕斯卡尔的多姆山实验对我们来说似乎非常简单，但这是因为我们习惯了现代物理学。对亚里士多德派来说，它则似乎没有给所发生的情况提供任何解释，正如在我们看来，（就像亚里士多德那样）说无生命的物体有目标或目的属于概念混乱。我们觉得帕斯卡尔的解释是正确的，亚里士多德派则认为它完全错了。亚里士多德派（帕斯卡尔时代的绝大多数知识分子仍是亚里士多德派）之所以用根据自然厌恶真空因而试图防止真空存在而做出的解释来代替，原因就在于此。我们很难在脑海里重构那种精神世界，其中帕斯卡尔的解释显得不令人满意，而根据自然的目的做出的解释显得更可取。

亚里士多德派的问题是，他们无法形成一种解释，来成功预言多姆山实验的结果。为什么自然在山顶厌恶真空的程度小于山下？帕斯卡尔能够回答这一问题，而他们不能。帕斯卡尔的解释可以接受检验，并被证明起作用。但是，要承认它是一个不错的解释，哲学家必须改变它们对解释的构成的界定，必须学会用数学家习惯提供的那种解释来满足自己。即使那些认为帕斯卡尔的解释糟糕的人也能看到，他能做出成功的预言（例如，托里切利管里水柱高度将会是水银柱高度的14倍），他们却不能。

让我们再举个例子，也就是伽利略的落体“定律”（就像我们对它的称呼那样）。帕斯卡尔也熟悉这个定律。伽利略证明，（在缺乏空气阻力的情况下）所有落体都以相同速度加速，人们因而能够预言一个落体在任何时间里下落的距离，预言它的终极速度。实际上，这些是互相关联的，而测量单位无关紧要。下落的距离与所用时间的平方成正比，无论你是用英尺、秒还是用公里、万福马利亚测量，都一样（我们只有一种标准的、通用的测量时间的体系，测量距离的体系则有好几种，这纯属偶然。不过，现代早期的人们的确使用非正规的时

间测量，如万福马利亚）。伽利略的落体定律用数学术语描述了物体在理想条件下落下时发生的情况，但它没有解释任何东西。它甚至没有（像帕斯卡尔的真空实验那样）提供一种机械解释。它告诉你去测量什么，能够让你预言，但它却没有解答“为什么”这个问题。

如果科学解释事物，那么这就不是科学了。科学之所以为科学，不是因为它提供了解释，而是因为它以数学模式的形式，提供了可靠的预言。因此，与接受帕斯卡尔对水银在气压计里高耸的原因的解释相比，把伽利略的落体定律当作优秀的科学加以接受甚至更需要摆脱亚里士多德的科学概念。你也许认为，这只是因为伽利略的定律不完善，而牛顿的引力理论既能解释伽利略的落体定律，也能解释开普勒的行星运动定律。这在一定程度上是真实的，但牛顿却完全无法解释引力是什么，或它怎样发挥作用。正如我们已经看到的那样，他承认这一点。引力理论只是使在更宽泛的领域内进行可靠预言成为可能。解释的问题被去掉了，但没有得到解决。其结果是，惠更斯简单明了地回应了牛顿的引力理论。他说：“我没有想到……引力的这一受到管制的减少，即它和到中心的距离的平方成反比。这是引力的一种新的、值得注意的特性，其原因非常值得找一找。”惠更斯仍在寻找解释。牛顿已经离开解释的世界，进入了一个新世界，即理论的世界。

科学解释是不（至少到目前为止不）完善的，它们往往突然裹足不前。科学定律标志着一个点，超过这个点就不存在解释。当然，有时候，过了很久之后，解释出现了。亚里士多德的科学与此不同。亚里士多德派哲学家不觉得他们的知识在重要的方面是不完善的，因此他们有着不同于伽利略或帕斯卡尔的成功标准。对他们来说，他们的知识体系成功的证据是，没有它解释不了的东西。不过，如今在我们看来，他们的解释经常是循环的。在《无病呻吟》（*The Imaginary Invalid*，1673）中，莫里哀嘲笑道，要想解释为什么鸦片让人入睡，你可以说这是因为“它里面有一种催眠力，这种催眠力有哄骗感官入睡的特性”。这样的解释在帕斯卡尔之后显得愚蠢，但之前并不是这样。

在伽利略、帕斯卡尔、牛顿看来，重要的是在此前不能做出预言的地方做出预言。但是，这就需要承认他们知识的局限。亚里士多德派哲学家向后看，假定亚里士多德已经洞悉一切需要知道的东西。新科学家向前看，旨在扩大他们可以在其中做出令人满意的预言的有限课题范围。新科学之所以取得进步，而旧哲学不能，新科学意识到其自身的不完美、不完善是原因之一。

4

什么是科学？詹姆斯·布赖恩特·科南特（James Bryant Conant）将其界定为“一系列概念或概念性方案（理论），出于实验或观测，同时又通向新实验和观测”。他完全有理由成为现代科学史的奠基者（他是库恩的导师）。因此科学是一个相互作用的过程，一方是理论，另一方是观测（我们的老朋友“经验”）。在天文学中，这一过程是从第谷·布拉赫开始的；在物理学中，则是从帕斯卡尔开始。我们可以从牛顿的笔记本里清晰地追踪到它，尽管他在他的首个出版物中压缩了它。知识的性质中这一非凡的转变似乎必然会被明显地反映在科学的语言里。事实也的确如此。当然，我们谈论科学所使用的语言已经完全变成了我们的第二天性，结果使这一语言变化的一个关键方面变得几乎完全不可见了。不过，一旦你意识到肯定存在语言变化，那么它自身就很容易被识别出来。一旦它得到识别，它的重要性就会显现出来。

如果从在一系列法语词典中查询“*théorie*”（理论）这个词开始，那么这将是一个有益的方式。直到19世纪末，我们才发现了（在利特雷的大辞典中）那种显而易见的现代含义，伴着几个关于热理论和电理论的例子。在此之前，“理论”被界定为思辨的知识，而非实际的知识（在词源学上，这个词源于希腊语的一个表示看或观看意思的词），但提到了一个特殊的附带用法，即“*la théorie des planètes*”，指的是行星运动的数学模式。如果我们在伽利略、帕斯卡尔、笛卡儿、霍布斯、阿诺德、洛克的著作中寻找“theory/*théorie*/*teoria*”这些词，那

么我们根本找不到。注在休谟的著作中，我们发现这个词经常以其现代含义被使用。随着时间流逝，情况愈发如此。

在英语中，在16世纪里，“theory”这个词（或“theoric”，这两个词可以互换使用）的用法和我们在法语词典中查询所得结果一样。一方面，它指思辨的或抽象的知识，通常与实践相对（于是，音乐家既学音乐理论，也学实践；炮手既学火炮制造和射击理论，也学实践）；另一方面，它指行星理论。因此，对托勒密理论和哥白尼理论的提及相当于对他们的数学宇宙模式的提及。就这个词以现代含义被使用，且没有暗指数学模式而言，我能找到的第一个例子出现在培根的《林木篇》（1627）中。他批判了伽利略对潮汐的解释：

伽利略注意到了它。如果有一个开阔的水槽，里面有水，水被驱赶的速度超过水能流动的速度，那么水就会聚集成堆，冲向运动开始的后端。他认为（自信地坚持地球运动），那是海洋潮涨潮落的原因，因为地球运动的速度超过了水流动的速度。这一理论尽管是假的，但第一个实验却是真的。注

那个词的这一新含义大概是从培根那里传播开来的。注在1649、1650年海耳蒙特的著作的译本和注解中，在1653年笛卡儿著作的译本和注解中，我们发现了它。在每种情况下，都不存在与原文对等的词语。玻意耳于1660年宣布，他将提供与真空有关的新实验，但不提供新理论。注1662年，他自豪地宣布了一种“新理论”（他自己用的就是这个词）。我们现在称其为玻意耳定律。那个包含其新含义的词（就是说，不是作为理论和实践之间的一种对比，亦非作为一种数学模式）在皇家学会的《哲学汇刊》中首次出现似乎是在奥尔登堡撰写的一篇编辑介绍中，介绍的是约翰·沃利斯对潮汐做的一种解释（沃利斯写了一种假说、一篇论文和一种推测，但不是一种理论；在那一卷的索引中，它却是“一种新理论”）。第二次出现在罗伯特·玻意耳就动物输血“向劳尔博士提出的检验”中。在斯普拉特的《历史》（1667）

中，那个词呈现了其全部的现代含义范畴，因为据说就连经院哲学家现在也拥有了理论；新理论的生产现在既是新科学的重要部分，也是实验演示的重要部分。我们已经看到，牛顿于1672年致皇家学会的信被奥尔登堡起了个“剑桥大学数学教授艾萨克·牛顿先生的一封信，包括他关于光和色彩的新理论”的标题，[注]并且“新理论”这个短语还贯穿了随后的通信的标题。牛顿的《光学》（1704）自称是对“光理论”的研究。[注]865光学在传统上是数学的一个分支，玻意耳定律是一种数学关系，但胡克不仅写了“真实的弹力或弹性理论”，还写了他自己的火焰理论，而后者根本没有涉及数学。以新含义被使用的那个词首次出现在托马斯·伯内特（Thomas Burnet）的书《神圣的地球理论》（*Telluris theoria sacra*，1681）的书名中。这本书于1684年被翻译成了英语，书名变成了“地球理论”（*The Theory of the Earth*）。接下来，在1696年，威廉·惠斯顿出版了《新地球理论》（*A New Theory of the Earth*）。在法语中，新用法似乎首先是被数学家采纳的［约翰·贝尔努利（Johann Bernoulli），《新振动中心理论》（*Nouvelle théorie du centre d'oscillation*），1714］，但很快就更广泛地传播开来，如伏尔泰《牛顿哲学元素》（*Élémens de la philosophie de Newton*，1738）讨论了“*la théorie de la lumière*”（光理论）。乔治·伯克利（George Berkeley）的著作于1732年被翻译成了意大利语，书名为“*Saggio d'una nuova teoria sopra la visione*”（新视觉理论介绍）。

“理论”一词的新含义对理解新科学声称要做的事情不可或缺。从传统上看，哲学已经把自身与“*scientia*”（真正的知识）联系了起来，但从事天文学的数学家则满足于数学模式，也就是假说和理论。它们可能符合现实，也可能不符合，但符合现象，只是程度不同。数学理论不是解释，而是用于做出预言的概念体系。玻意耳宣布的与气体压力相关的新理论（1662）或牛顿的新光学理论（1672）不是解释，它们不回答“为什么”的问题。它们是概念，能够让人成功预言实验程序的结果，识别自然世界的过程。不仅如此，“理论”一词带有一种有用

的模糊性，可以指一种已得到确立的真理（牛顿就是这样使用这个词的），也可以指一种可行的假说，从而弥合了两种人之间的区别，其中一种人想主张不可置疑的真理，另一种人想提出假定性的知识主张。

因此，在采纳“理论”这个词时，就真理暗示着关于因果的知识、关于亚里士多德派哲学家所谓的实质或形式的知识而言，科学家使他们自己摆脱了哲学家对真理的痴迷。洛克和牛顿坚持认为，我们可以不拥有关于实质的知识（假定世界由原子构成，我们可以不了解原子的大小和形状），可以只拥有关于属性的知识（如橡树硬、轻木软等等）。牛顿用可靠、精确运作的概念模式取代了实质。科学哲学家直到如今还痴迷于所谓的“实在论”，痴迷于科学的真实性问题。他们没有注意到，现代科学的奠基伴随着对旧的真实知识（*scientia*）观念的逃避，以及它被“理论”概念的取代。[注]对这个词的采纳标志着古典哲学、数学传统和现代科学之间的断裂，前者关注演绎和关于实质的真实知识，后者关注可行的理论。洛克的《人类理解论》（1690）在其名称中反映了这一改变。它不是一本关于知识的书（它现在被认为超出了人类的能力），而是一篇关于人类理解的论文，即使“论文”一次暗示理解必然是暂时的。在致读者的一个关键段落里，他写到了理解：

因为它是灵魂最受推崇的能力，因此与其他任何能力相比，人们在运用它时感受到的愉悦更大、更持久。它对真理的追求好比撒鹰打猎，其中仅仅那种追求就让人备感快乐。头脑每朝着知识前进一步，都会做出某种[注]发现。这种发现不仅是新的，也是最佳的，至少对当时来说是这样。

因此，就我们的理解而言，知识不是绝对的，而是进步的，不是决定性的，而是暂时性的。我们取得进步，但与那些撒鹰打猎的人不同的是，我们也许永远抓不到猎物。

接下来，就连伽利略也从来都仅是一位不情愿的科学家，因为他总是寻求演绎的确定性。更确切地说，现代科学始于培根重新描述作为一种“理论”的伽利略对地球运动的证明。到了17世纪60年代，在英格兰，用于讨论科学的标准术语包括了“事实”和“证据”（来自法律，我们将在下一章讨论“证据”）、“假说”和“理论”（来自天文学）。科学已经被发明了。第一部包含了这四个词（都以其现代含义被使用）以及“实验”（也以其现代含义被使用）的书好像是沃尔特·查理顿对范·海耳蒙特的著作的改写，即于1649年出版的《三重悖论》（*Ternary of Paradoxes*）。查理顿在语言应用上是一位有意为之、自觉的发明者，《牛津英语词典》在定义的第一条目下引用了他151次（他被记录为第一个使用“projectile”“pathologist”和“erotic”的人，可惜第一个使用“erotic”的不是他）。但是，在这些与我们直接有关的用法中，没有一个对他而言是新的。实际上，他坚持英语显著的优点：

我们的母语有令人肃然起敬的威严。我打算主张，它可以被织成一件精致、合体的衣服，让最整洁的头脑概念穿着它抛头露面，与用世界上别的任何东西织成的东西媲美，尤其是因为它的优雅和精致。这要归功于两个超凡的智者具有的技巧和付出的汗水。他们是圣奥尔班勋爵（the Lord St Alban，即弗朗西斯·培根）和现在风头正劲的达尔文博士。他们无与伦比的著作也许可以被挑选出来，编成一部充满完善的、重要的表达的书。这些表达仿佛是最卓越的思想尽其所能直接探测到的，很可能会让一些学者犹豫要不要发表不完善的原理，让一些人犹豫要不要主张拉丁语是理性灵魂最和谐、协调的语言。

查理顿的语言没有受到同时代的人的认可。于是，在其下一本书《感冒引发的妄想》（*Deliramenti catarrhi*，1650）的开篇，他不厌其烦地、激烈地抨击了他愚笨的批评者。他宣布，他们变差的“胃口”已经致使他们“不适合消化别的任何东西，只能消化诗集、娇柔的恋爱小说中那一堆堆被涂抹了舞台柔弱的油膏、被添加了一些新法语—英语习语之类佐料的劣质沙拉，”消化不了他自己充满男子汉气概的个人习

语。但是，查理顿是皇家学会早期岁月里最活跃的成员之一，他的个人习语也经过了玻意耳和斯普拉特的驯化，变成了科学的语言。旧哲学要求无可置疑的确定性，新哲学则效仿天文学和法律这两个学科。在这两个学科中，事实和证据早就得到了整理，为的是产生可靠的甚至不容置疑的假说和理论。

---

1. “Detection”在17世纪是“discovery”的同义词（拉丁语为“detego”，意思是“揭开”）。不过，Detection”就像现在那样，也指某人通常发现了某种被蓄意隐藏的东西，或某个正在有意躲藏的人。因此，与“discovery”相比，“detection”给偶然事件留下的空间要小些。

2. 在反射望远镜里，形象被一个曲面镜放大了，而在折射望远镜里，形象则穿过一个棱镜被放大了。由于反射望远镜不依赖折射，它不会在形象的周围产生不同色彩的光晕。然而，制作一个曲面镜远没那么简单！

3. 可参看下面脚注v的末尾。

4. 小球指的是一些不可见的微粒或原子。在笛卡儿派看来，这些微粒或原子构成了光。

5. 被删去的那一段是这样的：“博物学家几乎不期盼看到那些（色彩）的科学变得精确，然而我敢断言，它里面的确定性和光学其他部分里的一样多，因为我将要讲的与它们有关的东西不是一种假说，而是最严格的结果。这一结果不是猜的，不是仅仅因为没有别的东西或因为它符合所有现象（哲学家的普遍话题）而推断它是这样，而是通过实验的中介被证明、直接得出的结论，没有任何可疑之处。继续关于这些实验的历史叙事将会让一篇论文太冗长、混乱，因而……”胡克和牛顿也许都没有意识到它被删去了，因为他们后来都提到它被印上了。Newton，The Correspondence of Isaac Newton（1959），Vol. 1，96—97；可看编辑的注释，105 n. 19，190 n. 18，386 n. 22。

6. “对自然事物的分析和对其他科学的分析大为不同……在解释自然原因时，我们必然求助于一种不同的原理，也就是‘假说’或‘假设’。这是因为，关于感官可察觉的任何事件的直接原因，当一个问题被提出时，该问题就主要由某种运动的命名和描述构成，这种运动后面必然跟着这样一种现象。此外，既然不相似的运动未必不产生相似的现象，那么结果也许碰巧可以根据假定的运动得到正确解释，而这种假设却不是真的”（Hobbes，“Tractatus opticus”，引自in Malcolm，“Hobbes and Roberval”，2002，183—184–Malcolm的译文）。比较一下帕斯卡尔在1647年对诺尔的首次回应，Pascal，Oeuvres，1923，98—101；但是，帕斯卡尔近似于波普尔的证伪主义，因为他强调，尽管也许不可能证明一种不错的假说为真，但证明一种糟糕的假说为假却往往是可能的。

7. 关于这一含义上的“假说”，《牛津英语词典》给出的最早日期是1646年。Browne，Pseudoxia epidemica ii. ii. 60：“铁的确显示了一种向磁极性，不仅在冷却

上……而且（磁性假说的奇妙、先进之处）它们按照……它们的两极［被］运用……到地上，仅仅通过位置，就证明了相同的情况。”

8. 优秀的假说的一个特征是，“它能够使称职的博物学家预言未来的现象，根据它们符合还是不符合它，尤其是根据被适当设计来检验它的这些实验事件，以及那些应该或不应该是其结果的东西”。Westfall，“Unpublished Boyle Papers”（1956），69—70。

9. 笛卡儿有时候会区别他一向准备否认的假说和他通常声称他可以证明为真的假设。二者都是归纳的，并且是从第一原理那里抽象推导出来的：Descartes，Philosophical Writings（1984），250—251，255—258（假说）；40—41，150（假设），但可以看看152—153页。在那里，法语原文有假设，不过获得授权的拉丁语译本有假说（我把这最后一点及其他很多东西归功于约翰·舒斯特）。当牛顿反对构建假说时，以及当洛克说人们不应该把假说提升成原理时，他们可能都想到了笛卡儿，尤其是笛卡儿的“假设”（那可能是洛克用“原理”来指的东西，也可能是当牛顿抱怨假说不应被赋予超过实验证据的优先地位时，他所反对的东西）。

10. 在第二版的一份草稿中，他写道：“从现象中可以非常肯定地断定，引力按照上面描述的与距离成正比的法则被给予，并且作用于一切物体。这些法则也适用于行星和彗星的一切运动。因此，它是一种自然法则。当然，尚无可能从现象来理解这一法则的原因。这是因为，我避免［想象］假说，无论是形而上学的假说、物理的假说、机械的假说，还是神秘性质的假说。它们是有害的，并且不产生科学。”（Newton，Unpublished Scientific Papers，1962，353。）

11. “aliis ante me hanc concessam libertatem, ut quos libet fingerent circulos ad demonstrandum phaenomena astrorum”：Copernicus，De revolutionibus orbium coelestium（1543），iiii（r）；“Of Superstition”（Bacon，The Essayes，1625，97），“feign”在这里被用作“架构”的同义词；威尔金斯的《对话》（A Discourse，1640）第26页中借用了那一段，不过没有承认。培根把乌托邦描述成“一个想象的联邦”。他还写道，“现在让我们放上一个想象的例子（可是古代人搞不清它是虚构还是历史），一块亚马孙人的土地。那里的整个政府，无论是公共的还是私人的，包括义勇军在内，都掌控在女人手中”。霍罗克斯和牛顿用拉丁语写作，也使用了“confingo”这个几乎完全相同的词。霍罗克斯是在讨论托勒密派天文学家想象的本轮时使用的这个词（Hevelius & Horrocks，Mercurius in Sole visus，1662，133）；牛顿是在《光学》的拉丁语译本中使用的这个词，为的是翻译“不借助想象的假说”（Cohen，“The First English Version of Newton’s Hypotheses non fingo”，1962，380—381）。“Feign”因此并不必然带有欺骗的含义，它仅仅意味着“想象”。科恩（Cohen）则站在错误的角度分析，他坚持“‘to feign’也有采取隐瞒、掩饰、假装、假冒、冒充的意思”，方向有误。（Cohen，“The First English Version of Newton’s Hypotheses non fingo”，1962，381。）

12. 这一思想路线可以追溯到拉米斯（死于1572年），他的逻辑研究影响广泛，尤其是在新教徒中。拉米斯曾呼吁创建一种没有假说的天文学，即一种没有本轮等想象的实体的天文学（标准的观点是，天空的球状物或球体是真实的、物质的实体，但天文学家置

于它们之中的本轮是虚构的）。开普勒自称通过摆脱圆周运动原则，已经创建了这样一种天文学。（Granada，Mosley，and others，Christoph Rothmann's Discourse，2014，55—63，134—143。）

13. 在帕斯卡尔和笛卡儿的著作里，我们仅发现了实用知识和理论知识之间的传统区别，但从未发现一种特殊的理论。

14. 就为什么"地运动的速度超过水流动的速度"，伽利略的确拥有一种复杂的数学理论。但是，当培根说这一理论是假的时候，我认为他指的不是一般的哥白尼学说，也不是伽利略从哥白尼学说中推导出的推论，只而是那种当"地运动的速度超过水流动的速度"时引发了潮汐的理论。

15. 在《牛津英语词典》中，相关含义的"theory"和"theorize"的首批例子出自1638年。

16. "尽管在这个时候，我不会假装向你介绍任何保存的新发现，然而我有可能乐于帮助你了解你以前只是假定的东西。此外，即使我将不会向你呈现新理论，也至少会呈现那些尚未变得确凿无疑的东西的新证据。"Boyle，New Experiments Physicomechanical（1660），2 = Boyle，The Works （1999），Vol. 1，157。

17. 牛顿本人称其为一种学说，而非一种理论，正如玻意耳给他的一本书起了一个"为一个关于弹性和空气重量的学说做的辩护"（A Defence of the Doctrine Touching the Spring and Weight of the Air，1662）的书名。"学说"成了旧学派的语言，被"理论"取代了。

18. "theoria"一词在牛顿的《原理》（1687年）中出现了四次，其中三次是以现代含义出现的，"Theory"在安德鲁·莫特（Andrew Motte）于1729年出版的译文中一再出现。

19. 休谟的怀疑哲学由衷地采纳了这个概念，并不出人意料。

20. 第一版印刷文本中没有"某种"，但它有时候被印刷工用墨水插进去，并且出现在了后来的各版中。

第十一章　证据与判断

我摇摇头。“很多人在证据很不充分的情况下被吊死了。”我说。

“的确是这样。并且很多人是被错误吊死的。”

——阿瑟·柯南·道尔，“博斯库姆溪谷谜案”（“The Boscombe Valley Mystery”，1891），《福尔摩斯探案》

（*The Adventures of Sherlock Holmes*）

1

再问一遍，什么是科学？答案是，基于证据的关于自然过程的知识。但是，如果我们开始寻找17世纪科学家对“证据”一词的使用，就会发现某种特殊情况，即他们知晓那个词，却几乎不用它。以培根为例，他无疑熟悉“证据”一词在法律背景中的使用，但他从未用它来讨论自然哲学。他们要么拥有一种与我们不同的证据概念，要么有什么东西阻碍了他们对这个词的使用。

我们一开始就需要认识到，我们以4种不同的含义来使用“证据”一词。首先，“证据”可以指某种明显的东西。2+2=4显而易见。这是“证据”最初的含义，直接来自拉丁语单词“*evidentia*”。由于这在词源学上是那个词的基本含义，所以《牛津英语词典》将其列为第一，还附了两个它于1665年最初被应用的例子。不过，它实际上还收录了这个词可以追溯到1300年、以其他含义被使用的例子（就其在英语中最早的含义而言，“证据”指的是可以被效仿的例子）。在它给出的首批例子中，有一个来自罗伯特·玻意耳，即“存在特定的真理，它们拥有如此之多的最初的光芒和‘证据’……以至于它们无法被掩盖”。在这里，在

对头脑显而易见的东西和对眼睛显而易见的东西之间，存在着对比。这种对比贯穿了对这种含义的“证据”的使用过程。在约翰·洛克（John Locke）的《人类理解论》中，有一段文字很好地解释了这种对比的含义：

头脑的直觉最适合用和视觉相关的词语来解释，我们最容易理解我们思想中的“明”“暗”意味着什么，只要思考一下我们所谓的视觉目标的“明”“暗”即可。光可以让我们发现可见的物体。我们把不被放置在光中的物体称作“暗”。光足以使我们清晰地发现在光中可见的轮廓和色彩，它们在更好的光里是可以被识别的。因此，当我们的思想简单得就像那些物体本身，并且是从物体那里获取的，那么我们简单的思想的确在一种秩序井然的感觉或直观中呈现了物体……

尽管洛克的确在其他地方使用了“证据”一词（“其证据的程度”“确定性和证据”），他更愿意使用“明显”一词。他写道，直观知识就“像明亮的阳光，只要头脑把它的视线转到那个方向，［它］就会立即使其自身被察觉到”。因此，他对清晰、显著的思想的讨论遵循了笛卡儿的范例。笛卡儿坚持认为，只有清晰的思想才能被用在论证中。[注]

洛克之所以尽可能避免使用“证据”一词，原因之一是这个词在英语中拥有多个含义。因此，1654年，沃尔特·查理顿给英语提供了对两个拉丁语短语的翻译。伽桑狄用这两个短语总结了伊壁鸠鲁的认识论。伽桑狄写道，“感官‘证据’同意或不反对的见解是真实的，感官‘证据’不同意或反对的见解是虚假的”。既然查理顿翻译的是拉丁语单词“*evidentia*”，那么他在这里使用的“证据”应该指的是“显而易见性”或“明显性”。他的注释暗示他的确如此。那个注释这样说，用“感官‘证据’的同意指的是一种保证，即在这一点上，我们对感官触及的任何物体的理解或判断完全和现实一致；或者，那种物体的确如此，因为我们根据感官对它的直观，的确断定或认为它是这样。”因此，“证据”并不像有人可能认为的那样是感官的证言，而是我们对感

官能够适当把握物体的信心。查理顿给出的例子是：一个人影从远处向我们走来，在某个特定的点上，它变得清晰了，原来是柏拉图。《牛津英语词典》暗示这个词在1665年以前没有被以这种含义使用过，肯定是错的。下面是托马斯·杰克逊（Thomas Jackson）在1615年谨慎地以这个词的拉丁语含义对它的使用：

除了清晰或明了（直接并在形式上被包含进了其最初和与生俱来的含义之中），“证据”还带着一种充分了解已知物体的自负，好像完全满足了我们对其知识的欲望。（这是因为，很显然，我们几乎不可能获得这样一种知识，即和它已经从我们渴望知道的详情中获取的信息相比，它所留下的理解力能够获取更深入的或更好的信息）……”

让我们效仿杰克逊，把这种“证据”称作“明晰证据”。

其次，有一个在英国的（仅在英国的）法律中被用作专有名称的“证据”。英国法庭从一开始（从1439年起）就考虑证言和“证据”，认为“证据”是与案件相关的文件。然后（从1503年起），“证据”成了一个混合专有名称，既涵盖证言，也涵盖文件性证据。在《阐释者》（*Interpreter*，1607）这本解释法律术语的书中，约翰·考埃尔（John Cowell）写道，“‘证据’（*Evidentia*）在我们的法律中通常被用于任何证明，无论它是人的证言，还是工具的证言”。拉丁语中没有指代这种法律含义的“证据”的专有名称，文件是“*instrumenta*”，证言是“*testimonium*”。让我们把这种混合的法律含义称作“法律证据”。我们发现，查理顿在其《三重悖论》中也使用这种含义的“证据”。他写道：“因为我们现在要把它当作自己的事情，用你的信息去命名磁性对铁棍的行为，通过经线真相的证据使人们认识到其对手的无知和愚蠢。”

在更早的时候，“证据”指的是任何可以赋予人相信或同意的理由的东西（“同意证据”）。于是，考埃尔继续扩大他对证据的界定。他说，在一次审判中，被告被传唤做证。被告“讲了他能说的情况。在他

之后，所有那些目睹了那个囚犯被逮捕的人，或能够给出迹象或记号的人，同样被传唤做证。用我们的话说，我们将那些迹象或记号称作针对罪犯的‘证据’”。他引用的是托马斯·史密斯（Thomas Smith，卒于1577年）爵士的话。史密斯和考埃尔意识到，这种更深含义的“证据”是英语中特有的。拉丁语中表示迹象或记号的词是“*signa*”和“*indicia*”，法语中则是“*preuves*”。于是，我们就有了“证据”的第四种含义，即“迹象证据”。在英国法庭上，只有在经由证言或文件的范围内被呈现迹象的证据，才会被认为构成了法律的证据。

迹象证据就是当我们说科学依赖证据时所指的东西。因此，留在犯罪现场的指纹是一种迹象的证据，一种指示或记号，表明某个特殊的人曾经在那里。在解释“bankrupt”这个词时，考埃尔举了一个例子：

“*bankrupt*”又名“*brankrowte*”，来自法国人的“*banque route*”。“*faire banqueroute*”之于法国人和“foro cedere,solum vetere”之于罗马人差不多。我觉得这个法语词的构成是“*banque*，即*mensa*”和“*route*，即*vestigium*”，取自在地上留下痕迹，是一种比喻用法，意思是地上原本放着一张桌子，现在被拿走了。因此，它最初的含义似乎源自那些罗马的“货币兑换商”。他们中似乎有很多作家。他们把“亭子和桌子”放在特定的公共场所。当他们想逃跑时，他们欺骗人们说已经让人把钱托管了。他们只留下了痕迹或烦恼。

你把一些钱托付给了某个在市场占了一个摊位的人。一天你去市场，摊位过去所在的地方只留下了地上的一个痕迹，一种遗迹。这就是货摊已经不在的记号、标志或痕迹。货摊不在的事实是一种标志，表明你的银行家已经停业了。你的银行家停业的事实暗示，你已经丧失了你的钱。

查理顿也以这种含义使用“证据”。他描述说，如果你用蓝宝石在一个肿块周围画一个圈，肿块就会消失。他辩称，蓝宝石继续对肿块产生超距作用（通过磁性）。他说：“那个地方本身将给予一种更确定

的、令人满意的证据，来代表磁性，因为它没有立即或者被蓝宝石的折磨变黑或晒焦，而是在很长时间之后……毒性才顺从了那块不在场的宝石磁性的吸引力，不断地发散出来。”

古罗马人熟知这种论证。这些是从事物（或从我们所谓的事实）开始的论证。昆体良（Quintilian）的《雄辩家的基本原理》（*Institutes of the Orator*）第五卷讨论了它们。这是一部公元1世纪的著作。例如，B被发现死了，A的刀插在他身上。这是A杀害B的一种迹象，除非A的刀的确被人偷了，或B攻击了A,而A是在采取自卫。这样的迹象因而不可能是充分的证据，只是指示。它们必须在那种环境中得到解释。下面是昆体良的文字。一种迹象：

是这样一种东西，通过它可以推导出别的东西，例如从血推导出谋杀。但是，那也许是因为被献祭的动物的血溅到了（嫌疑人的）衣服上，或只是鼻血，因此一个衣服上有血迹的人不一定就是杀人凶手。但是，尽管这一迹象自身并不充分，但与其他相比，它被等同于目击者的陈述（*ceteris adiunctum testimonii loco ducitur*），如那人是个敌人，或以前曾发出威胁，或在同一地方。当这一迹象被增添到这些陈述上时，它会使只是可疑的东西显得确凿无疑。

我们说这种迹象证据是状况证据，而法律对“状况的”的理解基本上是“环境的”的意思。“状况的”这个词可以追溯到昆体良。在拉丁语作家中，只有他用“*circumstantia*”来指一种存在问题、依赖环境的推论，而非指一种空间分布（羊围着牧羊人）。昆体良诉诸环境的例子是虚构的。设想有一种法律规定高级牧师可以赦免一个人的死刑，另一种法律规定犯通奸罪的人将被处死，与他们通奸的对象也必须被处死。高级牧师在通奸时被抓，并且被判处死刑。“没关系，”他说，“我会赦免我自己。”“做梦，”有人回答说，“因为如果你赦免了你自己，你的伙伴就不可能被处决，因此你将赦免两个人，你无权如此。因

此，你必须死。”在那一具体的通奸案例中，高级牧师的赦免权不能被使用。

“状况”和“状况的”从昆体良的拉丁语中进入了英语，指的是一种不充分的（但并非无关紧要的）观点，不足以让人相信，需要在环境中得到解释。下面是耶稣会士罗伯特·帕森斯（Robert Parsons）于1590年写的一段文字——

尽管使徒圣保罗宣布，我们相信的事物也许本身并不如此，就像通过人的论证也许会变得明显那样，然而这是我们仁慈的上帝的善行以及朝我们所做的最和蔼的前进，因为他不会使自己没有充分的证言（无论是内向的还是外向的），就像那同一位使徒在别的地方做证的情况那样。就内向的而言，他通过赋予我们光和理解力，赋予我们在相信它们的过程中体验到的内在的欢乐和安慰，证明了这些事物的真理，就像我们相信的那样。就外向的而言，他给同样的事物做证，赋予了众多便利、可能性、可信的论证（的确就像神职人员所称的那样），结果尽管被相信的那一点仍存在某种模糊性，但还存在众多可能的情况，诱导人们由此走向那种信仰，因为所有的理由都似乎反对否认它们或不信任它们的理由。

可能性、可信的论证、可能的情况全部源自迹象证据。它们自身并不是“证言”，相当于口头话语或书面文本。但是，当我们在《圣经》中发现它们，由于它们是上帝编排的，就成了证言的对等物。正是《圣经》和教会传统，提供了文本证言。环境将证言置于上下文中来理解，并陪伴着它。与之相似的是，内在的光、理解和欢乐，起到了证言的作用。对帕森斯来说，它们似乎证明了我们的信仰的真理性。

在这4种证据（明晰、法律、同意、迹象）之间，有大片混淆空间，以及使一种证据瓦解成其他证据的空间。在其于死后出版的《自然宗教的原则和责任》（*Principles and Duties of Natural Religion*，

1675）中，就作为信仰的理由（同意证据）最宽泛的可能含义上的证据，约翰·威尔金斯进行了延伸探讨。其结果是，他在“证据”的标题下纳入了感觉、论证（即演绎）、证言和经验，其中前二者是信仰的证据，后二者是为了信仰的证据。为了信仰的证据（法律证据、迹象证据）可能较好或较糟，较强和较弱，产生不同的“同意程度”或“真实性、确定性或可信性的程度”。与之相似的是，信仰的证据（明晰证据）可能较大或较小、较清晰或较模糊，产生不同的知识程度。对洛克来说，有“三种知识程度，即直观的、论证的、感觉的。在它们的每一个中，都有不同程度和方式的证据和确定性”。在洛克看来，迹象证据（在讨论可能性时，他没有以这种含义使用这个词）不是一种知识（它被限定于直观、论证和感觉，都是证据的种类），而只是一种见解，要根据“同意程度”来衡量。尽管如此，一些迹象证据可以被当作“好像是确定的知识”。

很显然，不同类型的专家以不同类型的知识工作。数学家应对论证性知识，或明晰证据。亚里士多德派哲学家认为全部真正的知识都能够以三段论形式得到表达，主张从无可置疑的前提到无法否认的结论，都以明晰证据为基础。另一方面，律师关注法律证据和迹象证据，神学家也是如此。自1400年以来，神学家就一直探讨他们所谓的“道义确定性”，认为它们是好得足可依靠的证据，即使存在大量风险。于是，我可以在道义上确定有个名叫罗马的城市，即使我从未到过那里。有证言，有文件，有地图，有照片，还有大量其他证据，足以证实一个名叫“罗马”的地方的存在。所有这些证据绝对不可能都是伪造的，因此我十分确定罗马存在。但是，我的确定性和我拥有的直边三角形斜边的平方等于另两边的平方之和的知识不同，后者可以被严格地证明。罗马的存在是一种出于经验的观点，也是一种出于可能性的观点。[注]一个标准的观点是，基督徒需要对他们的信仰的真实拥有道义确定性，因为他们的灵魂的命运存在风险。

一些神学家对道义确定性不满意。1689年，长老会宣传家理查德·巴克斯特详细探讨了证据的概念，断定只有一种证据算得上明晰证据。他坚持认为，人不能依赖任何形式的经验。“就连我们的实验哲学家和医生也发现，一种实验即使经常可靠，以后在其他课题上也会完全不可靠。他们知道其中的原因。一种产生结果的过程也许经常来自未知的原因。”真正的信仰要求确定性，确定性要求自我证据或明晰证据。（巴克斯特做出种种努力，意在证明《圣经》具有自我证明的真实性。我们没必要在这一点上浪费时间。）

到了这时候，有一点应该很明显，即描述科学革命的方式之一就像明晰证据被迹象证据取代，像人们学会不再相信直观的或论证的证据，转而相信偶然或可能的证据。因此，在托里切利实验中，你无法看到大气压力，但水银柱的高度显示了那种看不见的压力。当你通过望远镜看着月亮，你看不到上面的山脉，但参差不齐的明暗界线显示，那里有山脉。当伽利略看到木星的卫星时，他看不到它们是卫星，但它们的运动模式显示，它们处在环绕木星的轨道上。在每个实例中，你看到的都是一些点，从这些点你可以可靠地推导出某种东西。数学家开始按照律师和神学家的方式处理证据。千百年来，律师和神学家一直在那样处理证据。

2

截至目前，我们一直主要通过英语资源来审视证据。在英国法律中，陪审团是事实事项的裁定者，其任务是衡量证据，决定被告是否有罪。关于如何做出决定，没有成套的规则。“排除合理怀疑”规则是在18世纪才被制定的，这一规则的要点是陪审团必须自己决定它意味着什么。陪审团因此可以自由地以旁证为基础做出决定，如果他们选择这么做的话。1616年，有一出名为“诚实的律师”（*The Honest Lawyer*）的戏，其名称显然具有讽刺意味。正如一个剧中人物所说的那样：

在谋杀的案子中，我们永远不要

根据间接可能性和推测判案，

否则谁都安生不了。

在罗马法司法权中，正如我们已经看到的那样，情况非常不同。就如何处理证据，有着清晰的规则。收集证据、应用法规、做出裁决的是法官。死刑案中的有罪裁决要求完整的有罪证明，例如目睹罪行发生的两个证人的证言，或口供。注当昆体良说旁证可以取代证人时，后世的律师认为他认可把部分证据当成完整证据。在死刑案中，如果不够一个完整证据，标准的程序是用刑，以便获得口供。但是，只有在怀疑有实在的基础，够得上部分证据，才能用刑。在英语中，我们通常用“proof”来表达证明（数学证明）的意思，使得部分证据的思想没有任何意义。大陆和苏格兰的法官积累证据，直到他们要么有了完整证据，要么有充分的证明应该用刑的证据。举个例子，流言相当于第72种证据。注

于是，法国人遵循它们的拉丁语来源，使用“*preuve*”或“proof”，而不使用“evidence”。但是，他们把“proofs”当成可以被积累的东西，就像“evidence”可以被积累到相当于一种没有疑点的“proof”那样。在英语中，我们可以把“the evidence”当作整体来谈，例如“他有罪的‘evidence’无可置疑”。但是，在法语中，就有必要用复数形式的“*les preuves*”。“以证据为基础的医学”的标准法语译文是“*médecine fondée sur les faits*”。用同一个词来表示迹象证据和证据的并不只有法国人。除了英语和葡萄牙语（“*evidencia*”经常被发现用于复数形式，就像它在18世纪的英语中那样），其他所有现代欧洲语言都是如此。

3

因此，在昆体良讨论标志和记号的方式和17世纪的英国男女谈论迹象证据、17世纪欧洲大陆人谈论法律证据的方式之间，存在（或仿佛存在）一种基本的连续性。然而，有人主张，在约1660年左右之前，不存在证据的概念（我之所以集中讨论取自这个日期之前的迹象证据的例子，原因就在于此）。这一主张以区别三种证据为基础，即目击者证据、感觉证据和线索证据（姑且这么说吧）。通过引用J.L.奥斯汀的话，伊恩·哈金（Ian Hacking）区分了后两种证据：

就某个动物是一头猪的陈述我可以适当地被说成拥有证据的情况，不妨举个例子。例如，那个动物自身其实没有被看到，但在它的栖息场所外边的地面上，我可以看到大量像猪的痕迹。如果我看到几桶猪食，那么证据就多了一些。猪的哼哼声和气味还可以提供更好的证据。但是，如果接下来那个动物现身了，站在那里一览无余，那就再也不需要搜集证据了。它进入我的视线没有给我提供更多证明它是头猪的证据。我现在就能看到它是一头猪。

这种证据（好像是迹象证据）概念在文艺复兴时期是阙如的，因此那种主张就延伸到了那个时期。作为替代，他们拥有迹象的概念。

昆体良的主张包含一系列错误。首先，他混淆了“迹象”（即标识、痕迹或标志）和“签名”。根据文艺复兴时期的签名理论，一些自然物体拥有它们的签名，这些签名在其形式中显而易见。于是，肾状的豆子也许有益于治疗肾病。柏拉图派和帕拉塞尔苏斯派持这种学说。这种学说与迹象（也被称作标识、痕迹或标志）理论大为不同。其次，有人主张，迹象/签名理论属于“低等”学科，比如医学和炼金术。法律和神学的构成没有被提及。其三，有人主张，迹象就像文本那样被“阅读”，结果没有区分线索证据和目击者证据。正是在这一点上，这种主张变得有趣了。这是因为，正如之前提到的那样，昆体良的确把迹象当成了证言，帕森斯也是如此。对他们来说，证言是来自证据（法律证据）的范例，而迹象证据被期望与它相符。

尽管如此，昆体良认真地区分了他所谓的“技术”证据和“非技术”证据。技术证据是诸如文件、目击者、用刑取得的口供之类的东西，它们属于自我辩护。正如我们已经看到的那样，他注意到，一些迹象实际上也是自我辩护，如果血衣、喊叫，但其他迹象严重依赖解释。“Indicia”“vestigia”和“signa”（迹象、痕迹和标识）因此不提供与文件、目击者相同的证据，即使它们可以像文件或目击者那样被用来做同样的事情。那种认为迹象和以被当作文本来读的主张是从文艺复兴时期的一种信仰那里传下来的。这种信仰认为，宇宙是一本书，一本自然之书。但是，这是把迹象理论放置在错误的语境中。迹象理论源于法律。迹象之所以被当作仿佛可以说话，是因为案件乃话语表演。把嫌疑人衣服上的血变成反对迹象的证人的对等物是起诉人的工作，他必须让血说话。

在《哲学结构》（*Syntagma philosophicum*，1656）中，皮埃尔·伽桑狄（Pierre Gassendi）把古典的迹象学说精心制作成了一种复杂的知识理论。他确定了两类迹象。有些迹象使我们知道某种东西。如果我们在适当的时间在场，我们通过直接感官体验就能知道这种东西。它们是痕迹。银行家的桌子、猪的蹄子，罪犯的手指留下了痕迹、足迹或踪迹。于是，我们也会说，我们在月亮上看到的环形山是过去小行星撞击留下的痕迹。迹象“指引我们走向某种隐藏的东西的知识，就像踪迹（*vestigium*）是一种迹象，向一条狗指出它应该沿着哪条路追下去，才能抓到猎物”。伽桑狄用“痕迹”表示的是“指示证据”。另一方面，他说，还有一些迹象指向我们永远看不到的东西。因此，我们看不到皮肤中的毛孔，但汗水通过皮肤流出来证明，它们肯定在那儿。我们永远看不到疥螨的腿，但我们可以从它移动这一事实判断出，它肯定有腿，或有某种相似的东西。实际上，伽桑狄指出，当望远镜被发明时，皮肤上的毛孔和疥螨的腿都变得可见了，从而证实了早些时候证明它们存在的论证的有效性。这样的论证依赖类比，例如把皮肤比作多孔的陶器。这一来自类比的论证概念是伊壁鸠鲁派从医学那里采纳的，但律师也熟悉它。于是，昆体良假定律师会诉诸我们可能称

作固定形象的东西，如“比较容易相信男人的抢劫、女人的投毒”。这些是类比论证，以案件的情况为基础。

伽桑狄强调通过类比论证的重要性，这无疑是正确的。1660年，当罗伯特·玻意耳想解释新的空气弹性学说时，他把空气比作羊毛。羊毛可以被压缩，但如果解除压力，它就会反弹回来。他觉得，这种类比让弹性概念言之成理。托里切利把空气的重量和压力比作水的重量和压力。对洛克来说，痕迹和类比这两种非常不同的推理之间的区别依然重要。无人质疑痕迹的可靠性（例如，有疤必有伤），但类比的问题显然要大得多。很明显，如果我们的很多知识起源于类比，那么它就不可能是确定的，我们或许永远搞不清事件的真实原因。

伽桑狄觉得没必要明确区分痕迹证据和目击者证据，但他肯定不认为疤“证实”了伤。他有一种上佳的证据概念，与证言判然有别。然而，如果你错误地假定关键问题在于区分线索和证言，那么就有可能得出结论，认为只是在《皇家港口的逻辑》中，阿尔诺才最终区别了这二者，因为我们被告知，他区分了“内在证据”和“外在证据”。内在证据是线索证据（他的刀子插在受害者身上），外在证据是目击者证据（他的妻子说，他从未离开她身边）。当然，阿尔诺没有使用“evidence”这个词，因为他是用法语写的，不是用英语。他使用的词是“情况”。举个例子，“为了判断某个事件的真相，决定是否相信其发生，就不能孤立地考虑那个事件，就像考虑一个几何命题那样，而是要考虑事件的全部情况，把内在的（线索）和外在的（证言）都考虑在内”。

我们已经看到，“情况”是昆体良创造的词。昆体良也区分了迹象或线索证据、目击者证据。实际上，就像在《皇家港口的逻辑》中那样，迹象证据是“内在的”，目击者证据是“外在的”。在《皇家港口的逻辑》中，要把握迹象证据相对于什么是内在的，有一点儿难。刀也许在尸体内，但指纹究竟在什么里面呢？在帕森斯那里，正如我们已

经看到的那样，那种区别十分简单，内在证据由我的感受构成，它们在我的里面。在昆体良那里，它稍微有点儿复杂，目击者和文件从外面走向律师，技术证据由律师本人构建，因此它们是在演讲术学科内形成的。技术证据是律师本人给证据做出的贡献。阿尔诺没有照抄昆体良，而是在修订他，以便超越他。注

《皇家港口的逻辑》（1662）是第一个区分了证言和迹象证据的文本吗？正如我们已经看到的那样，较早的文本无疑假定二者可以互相替代，有时候（就像在帕森斯的文本中那样）二者似乎可以合二为一。然而，理查德·胡克（卒于1600年）却说，“事物要想可信，要么通过已知条件和表达者的品质，要么通过它们自身拥有的真相的明显可能性”。这正是《皇家港口的逻辑》中所做的内在（“它们自身内”）证据和外在（证言）证据之间的区分。胡克无疑意识到，必须根据情况来思考这两种证据。被指控者衣服上有血，但他是个屠夫。证言是清楚的，但目击者不可靠。虽然二者能够互相替代，但并不意味着胡克认为它们是同一种东西。它们在特点上显然是不同的，一个依靠自然的规律性，另一个依靠人们的诚实。再举一个例子，1648年，早在《皇家港口的逻辑》出版前，威尔金斯就一直主张，阿基米德的发现（如他著名的燃烧镜，他用它消灭了一个舰队）也许太令人吃惊，以至于显得不是真的（“这些奇怪的攻击，由于……几乎显得不可信，即使对那些更博学的时代也是如此”；就是说，我们都做不到它们，他怎么能做到？），因为“那么多明智的作家都没提到过它们”。尤其是波里比阿（Polybius），他要么是个目击者，要么至少有机会和目击者聊过。在这里，内在证据被用来反对外在证据，正如法庭上肯定经常发生的情况那样。（嫌疑人衣服上有血，但他的妻子说，他从来没有离开过她。）

因此，那种认为17世纪60年代有一种新的证据概念的主张是错误的。无论我们看向哪里，除了对昆体良的区分的修订，都一无所获。新的情况是，那种概念从一个学科转移到了另一个学科。迹象证据曾

经是律师和神学家的事情，而在1660年，它成了皇家学会的事情。“道义确定性”曾经是神学家的语言，而在1662年，我们发现它被最初的两位统计学家格朗特和佩蒂使用了。正如事实走出法庭进了实验室，于是证据在大约同一时间里也那样做了。不仅如此，作为构建一种新型知识的过程的一部分，道义确定性从神学进入了科学。就证据而言，新科学没有发明新概念，只是重新利用了现有的概念。

4

在17世纪中叶搜寻新的证据概念注定徒劳无功，因为存在一个典型环境。在这一环境中，源自事实的推理的可靠性问题已经被辩论了数个世纪。这一环境是对托勒密的本轮的讨论。按照亚里士多德派的观点，本轮不应该是真实存在的，天空中的所有运动都应该是绕着宇宙中心的圆周运动。对他们来说，本轮是有用的虚构，使计算行星的位置成为可能。然而，数学家解释说，天空中的行星的明显不规则的运动是证据，证明了某种不可见的事实正在造成那种运动。他们把他们对行星运动的观测当成了证明本轮的现实性的充分证据。下面是克拉维于斯概括的数学家的观点：

> 正如在自然哲学中那样，我们从其结果抵达原因的知识在天文学中也是如此。天文学应对的是距离我们很远的天体，我们必须触到它们的知识，通过我们的感官来安排、构建它们……因此，下面的情况是适当且高度合理的，即天文学家应该从星星的特殊运动和各种表象出发，找出一些携带着行星以这些变化的运动转动的特殊的圆，以及它们的排列和形状……但是，我们的反对者试图削弱这一观点，说他们承认所有现象都可以通过假定同心圆和本轮得到拯救，但从这一点出发，接下来并不能在自然中发现所谓的圆周。恰恰相反，它们完全是虚构的，因为所有表象也许都能够以一种更适当的方式得到拯救，尽管我们目前尚不知道它……但是，通过假定同心圆和本轮，不仅已知的所有表象都得到了拯救，就连未来的现象也可以被预言，而未来

的现象的时间完全是未知的。因此，举个例子，如果我怀疑1582年1月是否会出现月全食，那么我可以通过来自同心圆和本轮的计算，确信那次月全食将会发生，于是我将不会继续怀疑了……但是，不可信的是，我们应该强迫天空（但是，如果同心圆和本轮是虚构，那么我们就好像是在强迫它们，就像我们的对手也许会做的那样）服从我们的虚构，按照我们的希望或根据原则移动。

克拉维于斯这里的观点和现代实在论者的观点完全一样。后者主张，科学必须近似于真相，否则它就不能做出成功的预言。另一方面，罗伯特·玻意耳却支持哲学家，呈现了一条论证思路。这一思路向后可以追溯至阿威罗伊，向前则可以触及现代实用主义者和工具主义者：

像众多原子论者和其他博物学家那样自信地假定知道他们试图解释的事物的真实、真正的原因，然而他们在解释中最多能够达到的往往是，被解释的现象也许是后来按照它们被陈述的方式被制造的，而非它们确实如此。就像工匠能够用弹簧和砝码让时钟的所有轮子转动，让子弹从枪膛里猛烈射出不仅可以通过火药的方式，也可以通过压缩的空气，甚至可以通过弹簧。因此，同样的结果就可能是由若干不同的原因造成的。就我们朦胧的理性来说，要准确辨别究竟是那几个方式中的哪一种方式，即使不可能，也往往很难。因此，对自然来说，制造与她曾经的确用来展示它们的现象相同的现象，是可能的。

从外部来看，一个由电池驱动的时钟和一个由发条装置驱动的时钟是一样的，因为指针转动的事实并不能告诉你，驱动它们的机制是什么。从经院哲学的角度看，这是一场关于后验推理的可靠性的辩论。从我们的角度看，这是一场关于事物的证据或迹象证据的辩论。这种辩论在17世纪下半叶并不算新，那些观点也是如此。下面是人文主义者、哲学家亚历山德罗·皮科洛米尼（Alessandro Piccolomini）在1558年写的一段话：

假设我们看到一块石头狠狠地砸在一堵墙上，但不知道这种力道源自哪里，那么我们就会想象石头来自一张弓或一张弩。假设我们的理论是错的，石头碰巧来自一台抛石机。虽然如此，如果它来自那张被想象出来的弓，那么它仍将以相同的力道砸中那堵墙。这是因为，上述石头的力道有可能源自不止一个原因。与之相似的是，当我们看到天空中的行星的很多表象，尽管我们不知道其表象的真正原因，却已经足以让我们假定这些理论是真实的，那些表象就像我们所见的那样源于它们。就计算、预言以及我们所需的关于那些星星的位置、地方、星等和运动的信息而言，这已经绰绰有余。

如果实在论者和工具主义者之间的这场辩论好像重复了我们自己关于电子等不可见实体的科学知识的性质的辩论，那是因为在这里被使用的东西正是我们使用的证据概念。这些讨论中所缺失的只是“证据”，因为尽管我们如此强调这个词，他们却觉得不需要它。对那种任务来说，他们的表象、预言和原因词汇已经足够了。

5

从17世纪40年代起，伴着实验的胜利，那种对律师、医生、天文学家而言够好的证据（线索证据或事实）开始对数学家也变得够好了，例如从事物理研究时的帕斯卡尔。后验推理（从表象向后推到原因的推理）开始把几何学家和经院哲学家的先验推理推到一边。几何学家和经院哲学家依然坚持，唯一可靠的推理方式是从定义向前推到结果的推理。正如天文学家所认识到的那样，几种不同的假说大体上也可以同样好地做那种工作（克拉维于斯不怀疑哥白尼学说制造了可靠的预言，但他确信地球是静止的，而非移动的），因此很多人继续主张，关于托里切利实验，存在一些极其完美、彼此竞争的解释。帕斯卡尔不同意这种观点。

当斯普拉特为皇家学会反驳其批评者时，他心里想到的正是这种新知识。他坚持认为，新知识的起点，也就是实验证据，极为可靠。

实际上，斯普拉特（对17世纪的作者是个例外）对“证据”一词的使用正如我们后来对它的使用：

就现在世界上已被承认、实践的东西而言，它们中没有一样被强过皇家学会所要求的证据的证据证实，我们的宗教的神圣奥秘除外。在几乎其他全部信仰、见解或科学事物上，人们接受指引所依靠的那种保证根本没有那么肯定，就像这种保证那样。不仅如此，我还敢向所有严肃的人们发问，尽管在生活和财产的问题上，就所有受到法律控制的国家的情况而言，他们只盼着两三个证人的同意，但他们是否认为，如果他们获得60或100个赞同的证言，就能很好地应对与他们的知识相关的东西?

但是，绝大多数新科学家之所以避免提及“证据”这个词，是因为它不可避免地带着一种对法庭的隐形参照。这种参照正是斯普拉特想加以明确的。于是，在1660年，玻意耳把一个实验描述“为一种尽管不令人信服、但貌似可信的证据，证明水可以变成气”。在这里，他使用了“proof”，仿佛他写的是法语中的“*preuve*”，而我们会以迹象证据的含义使用“evidence”。如今，在英语中，我们再也不能拥有一种仅仅貌似可信的证据了，只能拥有一种虚假的事实。但是，玻意耳对“proof”的使用与我们不同。

最重要的是，就像17世纪任何一位科学家那样，玻意耳意识到，他的绝大多数读者有可能是数学家。他觉得他必须——

向我的数学读者致歉。我担心，他们中的一些不会喜欢我为这样的物理实验提供证据，因为它们将表明，用数学的确定性和精确性并不总是能证明事物。它们能证明的东西要少得多，我应该增加这样的实验来证实那些解释，因为那些推测和体系虽然非常合理，但不足以让任何理性的人相信流体静力学问题。

换句话说，他觉得他必须为在一个数学证明（明晰证据）似乎可行的领域使用迹象证据道歉。这种对证明的渴望并不局限于我们所认为的经验主义科学，就是在神学中也屡见不鲜。于是，1593年，数学家约翰·纳皮尔呈现了他对《启示录》（*Book of Revelation*）的解释。他把启示录解释成“处于命题形式中，纯粹是分析和证明方式，就像《圣经》的措辞和性质将会许可的那样”。

文艺复兴时期的数学朝着两个方向。亚里士多德已经区分了几何、算数（纯粹应对理论实体）和光学、和声学、天文学（应对物理现实）。培根给这种区分提供了“纯数学”和“混合数学”的名称。（培根扩大了混合数学类清单，把透视法、工程学、建筑学、宇宙学和“以及其他各种”包含在内。）纯数学用证据和证明来应对，混合数学则用现象来应对。但是，纯数学拥有较高的地位，其结果是不断有人渴求纯数学的语言和论证风格。

举个例子，伽利略喜欢尽可能地靠近几何。他测量了月球上的影子的长度，使用几何来证明形成影子的山脉有多高。他（相当优雅地）使用几何证明太阳黑子必定在太阳表面，或在太阳表面的附近。但是，这些证据涉及论证从事物（影子和形状）到几何定理的适用性。说真的，它们是作为类比开始的。伽利略认为，沿着月亮明暗界线分布的光斑和暗斑看上就像太阳升起时从上面看到的一个山脉。太像了，以至于他主张真相只可能正是如此。太阳上的斑点让他想起了云。他知道它们不是云，但它们与太阳表面的关系完全和云与地球的关系一样。新科学常常将自身呈现为一种公理和证明的系统，如在伽利略的《两种新科学》或牛顿的《原理》中，但它们总是以事实为基础，不太敢于以类比为基础。

这有助于解释为什么“证据”一词（它带有争论和争执的意味，带有法庭冲突的意味）在这些17世纪文本中比较罕见。它在斯普拉特的《皇家学会史》中出现了三次（一词用作动词）。在新实验科学最大

的胜利《光学》（1704）中，牛顿仅使用了它一次。在《哲学汇刊》早期的那些期里，它一年只出现一两次。即使是在德萨古里亚斯的《实验哲学教程》年代那样晚的著作中，它也仅在两卷中出现了两次。正如我们已经看到的那样，在1660年后，新科学家没完没了地谈论“事实”（不过，牛顿避免使用这个词，认为它不适合数学家谈）、“经验”“实验”“假说”“理论”和“自然法则”。他们使用“证据”这个词一般出于偶然或无心，并且往往是因为（就像较早时候从斯普拉特那里引用的那个例子那样）他们想暗示与法律和/或神学的比较。

对参与了新科学的构建的人来说，如果存在一个概括它的词的话，那么这个词也不是“证据”，而是“经验”。帕斯卡尔不仅仅坚持经验的权威，甚至更进一步。他主张，我们的自然知识有能力不断取得进步，因为它以经验为基础，而经验会随着时间不断积累。因此，对经验的强调和进步、发现的思想紧密相连。当然，如果依靠对管子里的水银柱的测量来证实一种对自然的理论性理解，那是很成问题的。测量是一个特殊事件，是在特殊的一天，在特殊环境中，用特殊的设备来做的，而理论必须是普遍适用的。伽利略等早期实验主义者试图减少这个问题，就用一般用语来报告一种实验，例如已经反复做了实验。但是，从帕斯卡尔起，实验成了一个地方性事件，也被如此描述。这样的叙事非但没有减少从具体到一般的认识论问题，反而突出了它。解决这一问题的办法之一是设计一系列不同的实验，从不同的角度捕捉现象。帕斯卡尔渴望超越托里切利实验并设计了新的实验，正是为了弥补这一缺陷。

理论和实施的相符如此关键，结果即使是在坚持经验优于理论时，伽利略和牛顿也准备扭曲事实以符合理论。梅森至少相信，伽利略的落体实验无法被精确复制。此外，我们知道，为了使他的理论物理原理符合测到的声速，牛顿伪造了数字。我们会说，伽利略和牛顿的科学一直是经验主义的（至少在想法上是这样），但那等于以一种19世纪的含义使用“经验主义的”这个词。在19世纪，经验主义者被认

为是没有受过推理训练的人，而非那些以经验为基础构建理论的人。注伽桑狄和洛克从没认为自己创建了一种经验主义哲学，不过我们会说，那正是他们做的事情。

正如新科学家只要有可能就渴望进行数学证明，并在需要的时候过分主张理论和事实之间的精确相符，于是在英语中，他们尽量避免使用“evidence”一词，因为它必然和法律联系在一起。其结果是，虽然我们能够识别事实的语言（第七章）、自然法则（第九章）、假说和理论（第十章）的传播源或首个例子，但证据的语言的首个例子却并不存在，或者即使它存在，也存在于科学之外。

就迹象证据的语言（与概念有别）来说，它是从17世纪末开始出现的，但不是在科学中，而是在自然神学的著作中，例如约翰·威尔金斯的《自然宗教的原则和义务》（*Of the Principles and Duties of Natural Religion*，1672，出现了75次），马修·黑尔的《人类的最初起源》（*The Primitive Origination of Mankind*，1677，出现了280次,但黑尔当时是首席法官）。它在哲学中变得比较常见，在休谟的《论文集》（*Treatise*，1739—1740）出现了48次。那个词的长期命运与威廉·佩利（William Paley）的《自然神学；或神的存在和属性的证据》（*Natural Theology;or,Evidences of the Existence and Attributes of the Deity*，1802）相连。我们可以看到，迹象证据的语言缓慢但坚定地从法律、神学、哲学走进了科学，但语言远远落后于概念，因为实验方法就是诉诸迹象证据。

6

然而，如果只注意“证据”这个词，而不注意它所表达的概念，那就会犯错。这是因为，如果我们这么做，就会错过一种至关重要的发展。可废止的知识，也就是根据新观察可以被纠正的知识，不过是见解或可能性。道义确定性曾经被作为“坚硬的”、可靠的见解被引入，

但道义上确定的知识的要点是，你可以毫无保留地把你自己交给它；它在实践上不会被扭曲，即使它不能像数学定理那样被证明。证据概念（意思是相关经验）已经被从法律引入了科学。在英国法律中，一旦陪审团做出裁决，你可以就法律问题提出上诉，但不能就事实问题提出上诉。直到1907年，还没有引入新证据的程序。因此，陪审团必须确信他们的裁决。在威尔金斯和洛克的著作中，道义确定性已经和作为一种真理的演绎或不证自明的知识结合在一起。这与法庭的实践完全一致。

洛克探讨过一个例子，即暹罗王的例子。在这个例子中，貌似可靠的知识结果变成了错误的知识。荷兰大使向暹罗王信誓旦旦地说，荷兰的水可以变得很硬，就连大象也可以在上面行走。暹罗王不愿意相信荷兰大使的话。但是，洛克从来没有把这样一个例子当作一个范例来提出，以解释经验主义知识（我们对它的称呼）在很管用时究竟怎样管用。他明确表达了那种基本原则，即“由于我们的知识的一致性、观测的确定性、经验的频繁和持续性、证言的数量和可靠性都在一定程度上赞同或不赞同它，于是它自身中的任何命题都在一定程度上是可能的”。这意味着，可能的东西随着时间而变化。但是，洛克从来没有勇气更进一步，说知识自身随着时间而变化。一方面，存在他在这里称作“我们的知识”的东西，它是可变的；另一方面，存在知识，也就是真理。

《牛津英语词典》有效地区分了两种“知识”，一种是意味着“知道或熟悉某物、某人及其他的事实”，一种意味着“被证明真实的信仰”（拉丁语的“scientia”）。洛克所谓的“我们的知识”必须符合观测、经验和证言，是作为认知的知识。但是，洛克仍旧追求被证明真实的信仰。在那方面，他的想法依然和霍布斯一样。霍布斯写道：

这种通过经验对迹象的取得，正是人们一般认为的人与人在学识上的差异所在，而正是凭借学识，他们普遍了解了一个人的全部能力

或认知力。但是，这是一种错误，因为迹象只是推测的。此外，由于它们经常或很少失败，因此肯定在一定程度上是可靠的。但是，它们从来不是充分和确凿的。这是因为，尽管人们迄今为止一直看到日夜相随，但不能就此断定它们未来也将如此，或它们已经永远如此，经验不可能得出任何普遍的东西。如果迹象20中1失，也许就有人会对概率为20:1的事件下注，只是不能断定它是一种真理。

在威廉·沃顿的《对古代学识和现代学识的思考》（1694）中，可以发现一种摆脱霍布斯的立场（他明确陈述了休谟的归纳法的问题，拒绝了迹象证据，认为它不能产生确定性）激进转变。这一转变甚至还摆脱了洛克的立场（他或许可以被描述为清晰界定了明晰证据和迹象证据之间的选择，但当时捏造了它）：

就像他们通常被称呼的那样，如果不收集大量的实验或观测，新哲学家就避免对手上的事物做出普遍结论。不仅如此，如果新的反对证据出现，旧的假说会无声无息地瓦解。其结果是，从对自然事物的探索中做出的推论尽管也许是用一般词汇记录的，仍然会遭到这种无言的保留，一直到做了实验和观测，才有了充分的根据。

沃顿的“无言的保留”就是那种一切科学推理都可作废的原则。这至关重要。(注)它把科学从被认为是不容置疑的真理的知识，改造成了一种累进的知识。在这种知识中，已经确立的真理也许永远会受到争议，终极的真理则永远也达不到。沃顿是从哪里获得了“无言的保留”这一概念的呢？这个短语自身来自道德哲学。在道德哲学里，从传统上看，每个诺言都伴着一种无言的保留，“如果我能，如果我该，或如果一切照旧。结果，由于情况发生了变化，我的义务被解除了”。但是，说到那种原则，即知识体系是暂时的建构，以后也许需要得到修正或改善，则直接来自数学的假说和理论语言。当沃顿写到“无声无息地瓦解”的“旧的假说”时，他所援用的正是这种语言。

此时，有了沃顿对无言的保留的系统表述，道义确定性被要求给一种新型的暂时知识、一种纯粹暂时的理解让路。这种无言的保留此前从未被如此清晰地表述过。洛克的暹罗王例子原本是个符合无言的保留的例子，但他没有系统地表述。沃顿的理解是，科学家可以暂时同意（“正如它根据同意所示的那样”）把认知知识或经验当作真正的信仰；这不是错误，而是一种方式。你可以凭借这种方式，把一种理想的、不变的真理般的知识，把一种不可上诉的最终裁决，变成一种特殊的、累进的知识，变成作为不完美的认知的知识。归纳法总是不完善的，证据总是不充分的，但凭借它们前行可能就很不错了。沃顿系统地表述了那种观念，即在科学中，一切知识都伴着一种无言的保留。这让他有权主张自己是第一个充分了解现代科学的概念支撑的人。或者，如果你愿意，也可以说他是第一个既了解现代科学又承认其局限的人。只是到了这时候，现代证据理论才变得完整了（不过，沃顿的确写的是经验和观测，没有使用“证据”这个词）。因此，当我们终于谈到沃顿对无言的保留的系统表述时，第一次遇到了一种对科学知识的性质的合理理解。

7

虽然如此，对证据概念的搜寻却产生了令人意想不到的收获。老实说，他让我们有了一个奇怪的、意想不到的发现。这是因为，当科学家开始做与证据的可靠性相关的评估时，他们被要求行使他们所谓的“判断”（举个例子，洛克说，“由于知识仅拥有可见的特定真理，因此错误不是我们的知识所犯的过错，而是我们的判断同意了不真实的东西所犯的过错”）。此外，行使判断要求一套明确的优点，也就是你希望在你的同人组成的陪审团中发现的优点，其中包括公正、专心致志、真诚。我们在迹象证据的讨论中随处可见这些优点，但它们在明晰证据的讨论中基本无足轻重。举个例子，1677年，有一位神学家解释了确定性和信仰之间、明晰证据和迹象证据之间的不同：

数学证明有力地表明，头脑不可能悬置其赞同的内容。但是，这种认识很快就被赤裸裸地提出的目的战胜了。于是，正是在数学事务上，既不存在无信仰者，也不存在异教徒。但是，信仰的动机却是这样的，即尽管目的最为确定，然而证据却不像从感官或证明中流出的证据那样清晰、势不可当。格劳秀斯（Grotius）说，信仰也许可以被当作一种来自理性生物的服从行为而被接受。这是出色的评论，上帝已经聪明地指定了这种说服人们相信福音书的真理的方式。由于那些诱导人们去信仰的理由尽管足够确定，却不能强迫头脑给出其同意，只能在其中做出审慎的选择。

数学家不需要审慎，基督徒、律师和科学家需要。于是，斯普拉特这样描述他理想的哲学家，“真正的哲学必须首先始于对特例进行严谨的检查，从它们那里也许可以非常小心地得出某些普遍规则”；“然后，让我们想象我们的哲学家拥有一切信仰的迟钝和审判的严格，而有人则把它们错误地称作头脑的盲目和心灵的冥顽不灵。”科学家必须是迟钝、谨慎、勤勉、严肃的。威尔金斯说：“‘适度’是一种品质、一种习惯，一种对知识德行的热爱，我们因此关心任何与一种适当的衡量相符的真理。这种衡量不多不少，正是它要求的证据和重要性，而那种强烈和盲目的观念则被当成不完善的极端而受到反对。”科学家必须适度，这是一种新型的知识德行。威尔金斯十分清楚其新颖性。他说，我们别无选择，只能采纳我们认为最受证据支撑的观点：

然而，必须同时认识到，头脑里装着这样一种公正的判断框架，实乃一种特殊的德行和幸事。有这样一些人，他们的能力足以辨别事物之间的真正区别，但由于他们的邪恶的爱好和自愿的偏见，使他们不愿意承认某些东西应该是真实的。由于他们在思考和比较事物上的漫不经心或麻痹大意，他们无法被浅显的观点说服。不是证据不足，而是由于应该裁断它的才能存在某种缺陷或腐败。现在，不把这样一种公正的框架当回事，不把我们的思想用来思考眼下的这些问题，必须被认为是一种恶习。这已经引起了那些充分了解这种情况的人的高

度担忧。此外，尽管（我知道的）哲学家没有一个把这种信仰（就像它或许可以被称作的那样）、这种头脑在思考和判断重要的问题上的可教性和公正算作知识德行，然而在我看来，它也许完全有理由在它们中占据一席之地。

公正现在也成了一种知识德行。洛克说:

尽管如此，我仍不会怀疑，如果人拥有头脑的自由，并且就像他们在粉饰或支持虚假中做的那样，由衷地运用思想的一切勤奋和劳动，来改善发现真理的方式，那么以我们目前的生命和体格条件，人的知识也许会比现在取得更大的进步。

真诚和勤奋也是知识德行。

因此，随着知识不再是明晰证据问题，成了迹象证据问题，认识者就需要有一套全新的知识德行。最后，伴着无言的保留的概念，一种源自道德哲学的原则被直接引入了认识论，确立了知识主张的局限。我们也许想说，这些德行和这一局限可以被概括为“客观性”，但客观性是19世纪的一种概念，暗含了观察自然、记录信息的新方式。如果把它放到科学革命中来解读，那将是错误的。公正和判断在工业革命的精密方法出现之前就是德行了，并非重新描述专业能力的方法。

发现包含了个人主义和竞争。科学家必须像海盗那样有冒险精神、勇于创新。但是，正如罗伯特·K.莫顿反复指出的那样，科学不仅仅关乎个人成功。在其职业文化的要求下，科学家要宣布效忠于一套极其不同的的价值观。莫顿把这种价值观概括为共产主义（知识是共享的，往往被重新命名为“社群主义”。我们已经看到，首个实验科学家社群于17世纪40年代在法国出现）、普遍性（知识必须是非个人的、没有偏见的）、公正无私（科学家必须互相帮助）、有组织的怀疑（思想必须一再接受检验）。这套价值观有时候被称

作“CUDOS”（英语首字母缩写）。因此，每个科学家都要服从两种彼此竞争的、互相冲突的规则，被迫既竞争又合作。科学家被要求脸朝两面，既自我消除，又自我肯定。莫顿认为，他作为科学社会学家的任务是找出科学家克服这一冲突的办法。他认为这种冲突是作为一种社会事业的科学的要素。注

这一冲突是怎样发生的呢？答案很简单。这是把发现、与迹象证据相关的德行结合在一起的结果，结果就是科学性质中的一种结构性冲突。这种冲突是在历史中产生的。你不会发现哥白尼、开普勒或伽利略赞扬适度、公正和勤劳，但在当时，哥白尼、开普勒和伽利略主要是数学家。伽利略之后的一代人不得不承认他们对迹象证据的依赖，因此它又别无选择，只好接受司法的优点。

人们已经就一种思想进行了大量操弄。这种思想就是，皇家学会致力于对事实、公正、适度的求索，因为它处在直接的复辟环境中。在20年的时间里，人们一直以真理的名义互相杀戮。此时，他们必须学会以一种不同的方式管控他们的分歧。新科学必须被置于这种局部环境中。我不否认这里面有真相，但这很难解释为什么莫顿发现，在20世纪40年代的被科学家欣赏的德行也同样受到17世纪60年代的科学家的欣赏。新的德行的产生早于直接的复辟环境。

我们还在什么地方发现了一种相似的竞争和合作之间的冲突呢？在法律职业中。那种对抗体制意味着律师想赢，他们的赢率越大，获得的报酬越多。与此同时，每个律师都是法庭工作人员。他们受到了职业标准规范的束缚。他们必须永远不能代表委托人撒谎，必须永远不能扣留来自另一方的证据。他们必须既竞争，同时又合作。当迹象证据从法庭移到了实验室，任何以证据为基础的法律体系的矛盾特征（存在其他法律体系，如神裁法，它不拥有这些特征）就被输入了科学，科学家变得分裂了，互相敌对，就像律师在敌对的法律体系中一

直在做的那样。这就正好回到了昆体良那里。他一直在寻找好的论证，寻求赢得辩论，完全清楚这二者并不总是一回事。

伴着文艺复兴时期斯多葛主义的复兴，“哲学的”一词获得了一种新含义。哲学家被认为能够节制他们的激情，不为命运的打击所动。注他们能够摆脱直接经验，沉思更大的图景。威尔金斯、斯普拉特和洛克在寻找一种截然不同的人，一种能够示范“CUDOS”的人。这一章始于对一种新型证据的寻找，终于一种新型知识分子的双面脸。这种双面脸是由被要求向一种旧证据开战的哲学家制造。这种旧证据就是间接证据。

8

这一论证还有更深入的一步。1976年，托马斯·库恩发表了一篇名为“自然科学发展中数学传统与实验传统的对抗”（Mathematical versus Experimental Traditions in the Development of Physical Science）的文章。库恩主张，在英国，实验科学是从17世纪末开始蓬勃发展的，科学是遵照培根的传统被实施的。在欧洲大陆上，人们更偏爱一种演绎色彩浓重得多的风格，科学是遵照德谟克利特的风格被实施的。英国人痴迷于事实，法国人（因为他想到的主要是法国人）痴迷于6年。正如库恩所表达的那样，这种让实验主义者对抗数学家的观点似乎是错误的。英国人有哈雷和牛顿，他们既是实验主义者，也是数学家。法国人有帕斯卡尔、卡西尼家族和惠更斯（卡西尼家族和惠更斯原本不是法国人，只是后来加入了法国籍），他们也是那样。注写《实验医学研究介绍》（*An Introduction to the Study of Experimental Medicine*，1865）的克劳德·伯纳德（Claude Bernard）是一个法国人，而非一个英国人。

但是，我们或许可以用不同的方式重新叙述一下库恩的观点。英国人拥有习惯法，习惯法依赖陪审团制度。陪审团制度允许间接证据

扮演重要角色，只要它被引入证言。它给起诉人用类比来辩论留下了充分空间。当科学家围绕迹象证据重新组织科学时，他们引入了陪审团制度的优点，至少是在一种理想化的形式中，即一种听取双方意见的意愿，一种把证据和说服力结合起来的愿望，一种对常识的诉求。（当然，牛顿在这方面是一大例外。）相比较而言，法国人拥有一种罗马法体系。他们的新科学是围绕着法官的指令组织的，也就是围绕着学术严谨、一套正式的程序、对完整证明的求索、一个人只需对其他专业人士负责的自信组织的。如果就像库恩所主张的那样，存在两种不同的科学传统，那么或许应该认为，它们反映了科学引入了两种不同的法律传统、两种不同的处理迹象证据的方式，而非体现了数学家和实验主义者之间的冲突。正因为如此，如果说可以安全地将英语的“evidence”翻译成法语的“*preuve*”，那么这种说法就可能是错的，因为这两个词反映了两种不同的、没有可比性的法庭文化，一种是通过陪审团的审判，另一种是通过调查的审判。法国的法律证据不同于英国的法律证据，因此法国的迹象证据也一直不同于英国的迹象证据。注

我的一个朋友曾在巴黎住院。医生对他说，关于他的病的性质，他们有一种假说，打算证明一下。如果是在英国，医生会告诉他，他有一些症状暗示一种诊断，他们将做检验加以证实。这两种文化一个强调迹象证据和明晰证据的差异，另一个则轻视这种差异。但是，无论怎样，他们拥有一种共同的事业，即把迹象和症状转化成知识。

在这里，我要提供的东西是玻意耳会称作貌似真实的证据的东西，也就是一种（我希望）虽然优秀但缺乏决定性的证据。我希望证明的是，科学以法律程序来塑造它对迹象证据的关切，并且只要有可能，它就寻求贬低迹象证据与明晰证据在性质上的差异的程度。即使是大卫·休谟，在其“论奇迹”（1748）的论文中，仍在这个词的两种含义之间游移不定。注

我还想强调两种情况。我们很容易忽略它们，因为我们太习惯于处理迹象证据、发现它们令人信服了。首先，有大量知识体系拒绝了迹象证据，而依赖别的东西，如依赖几何证明，依赖签名，依赖对隐藏的事实的辨识（例如占星术）。迹象证据也许一直被人们不假思索地应用在处理他们的日常事务上。但是，要抬高它们使之成为理论知识的可靠基础，就像17世纪中期的情况那样，不啻主张那在文化上是特殊的，远非显而易见的真实。

其次，即使是现在，就依赖迹象证据必然是一种获胜策略而言，情况仍不明朗。休谟对归纳法的系统表述的关键点在于，我们无法解释为什么归纳也可能同样表现良好，为什么自然在其活动中显得极为有规律（或至少对我们来说显得有规律，因为我们已经接受了训练，要寻找规律性）。即使你打算依靠迹象证据，又怎样才能拿分辨构成一个好论据的是什么呢？如果试用的结果有19/20的概率比一个人获得的任何东西还要好，医生就会认为一种药被证明有效。如果出现虚假积极结果的概率不大于1/741，核物理学家就会说存在某种东西的证据。如果概率是1/350万，他们就认为某种东西已经被证明了。早期的数学家甚至不知道怎样检验统计的有效性。

关于证据，重点不在于它是一种自然论据，也不在于它是一种显然注定要成功的论据，而在于依靠证据碰巧效果不错。随着迹象证据取代明晰证据，新科学家得以主张越来越多的成功（多姆山实验、玻意耳定律、牛顿的新光理论）。这些成功进一步促进了迹象证据的吸引力。新科学的知识装置，如事实、实验、理论、自然法则、证据，并没有通过哲学论证来确立其价值。它的成功依赖的是它在实践上产生了好的结果。也许存在着一些有人居住的世界，文化在其中从来没有变得以证据为基础。就我们所知，也可能存在一些宇宙，寻找证据在其中没有益处，而怀疑论者不仅赢了辩论，并且还获得了事实的支持。在某些物理学领域中，现实和新科学碰巧十分契合。这说到底不过是运气好。洛克怀疑我们的感官能力是否足以允许我们发展一种关

于有形物质的精确知识。结果证明，他错了。但是，他原本很容易做到正确。

---

1. 在《对第一哲学的沉思》（Meditations on First Philosophy，1641）第三章中，这一点得到了经典表达。这种眼睛语言经常暗示（并且被有意地暗示），任何东西都不应该被当成真实的，除非它能够被描画（被雕刻）。这意味着，只有机械哲学才可能是真实的。于是，贝克曼于1629年坚持认为，“在哲学中，我不允许任何东西被呈现给想象，就好像它是看得见的”。Berkel，Isaac Beeckman（2013），81，173—185；Lüthy，“Where Logical Necessity Turns into Visual Persuasion”（2006）。

2. “道义确定性”是让·热尔松（1363—1429）发明的，为的是描述在不经媒介的情况下做出某些种类的决定所要求的确定程度。如果那些决定被证明是错的，就会使媒介在道义上存在问题（Schüssler，“Jean Gerson, Moral Certainty”，2009）。因此，法官要判处囚犯死刑，就需要在道义上确定囚犯的确有罪（“排除合理怀疑”，我们现在会说）。但是，最严谨的法官有时候也会在不存在道义问题时，受到撒谎的证人的误导。道义确定性因而迥异于那种你可能在数学或逻辑中拥有的绝对确定性。由于在道义选择中经常存在风险的是相信某人清楚无误地了解事实，于是这个词被延伸到了人们就事实问题做出判断所处的其他情景。因此，我在道义上确定恺撒跨越了卢比孔河，在道义上确定帕斯卡尔精确地报告了多姆山实验。关于这一概念后来的历史，可看Leeuwen，The Problem of Certainty（1963）。

3. 完整证据和部分证据之间的区别可以追溯到12世纪90年代的注释法学派：Franklin，The Science of Conjecture（2001），18—19。

4. 用刑在17世纪变得罕见了。当时，常见的做法是，在证据不完整的案子中，罪犯被判处在军舰上服役一个时期。于是，有充分根据的怀疑可以导致定罪，但不会导致处决。间接证据自身此时能够被赋予更大的分量。

5. 昆体良是阿尔诺的一个基本参考点：“昆体良和所有其他修辞学家，亚里士多德和所有哲学家……”（Arnauld & Nicole，La Logique，1970，294）。昆体良对我们来说也许像个无名之辈，但在修辞学依然是核心课程时，任何受过教育的人对他都不陌生。

6. 牛顿于1694年5月25日致霍斯（Hawes）的信也是这样。牛顿在信中说：“经验必不可少，但纯实用的力学和理性力学之间的不同与纯实用的测量员和优秀的几何学家之间的不同一样，与江湖郎中和学识渊博、理性的医师之间的不同一样。”Newton & Cotes，Correspondence（1850），284；也可看，Bacon，Novum organum Vol. 1，xcv（Bacon，Works，1857，Vol. 1，201）。

7. 不妨和罗伯特·玻意耳比较一下。他说：“我只会把这种超结构［即知识体系］看成临时的。尽管它们也许是人们的首选，最接近于完美，或者如你所愿是我们已经拥有的它们的那种里最好的，然而它们并非完全被默认为绝对完美或不能变更。” Boyle，Certain Physiological Essays（1661），9 = Boyle，The Works（1999），Vol. 2，14。

8. 一些人曾试图修改“CUDOS”，用“O”来代表原创性，但这么做不得要领，因为“CUDOS”代表着一套相互联系的价值观，原创性或发现则代表着另外一套迥异的、互相冲突的价值观。

9. 《牛津英语词典》给出这种含义的“哲学的”的最早日期是1638年，但蒙田已经以这种方式使用了它（例如，Essais，1580，Book 2，Ch. 7），弗洛里奥于1603年出版的译本接受了这一用法。

10. 1756年，达朗贝尔在《百科全书》 的“实验”条目中赞扬了他认为的新实验物理学在法国的胜利。

11. 奇怪的是，卡森（Cassin）、伦德尔（Rendall）、阿普特尔（Apter）编辑的《不可翻译之词词典》（Dictionary of Untranslatables，2014，其自身就是从法语中翻译过来的）居然包含对“evidence/proof”的讨论。这一点至少证明，法国人似乎不清楚他们缺少“evidence”这个词。对经验/实验的探讨主张，英语词汇促进了经验主义，而法语词汇则与它不一致。就这一情况而言，这也可能显得是真实的。

12. “人的推理和探索的一切对象都可以自然地被分成两类，即思想关系和事实事项。第一类是几何、代数、算数中的命题。简言之，每个命题既不在直觉上也不在证明上是肯定的……尽管自然中从来没有真正的圆和三角形，但由欧几里得证明的命题将永远保留它们的全部真理和证据。事实事项是人的推理的第二种对象，对我们来说并不同样确定。我们拥有的关于它们的真相的证据无论怎样巨大，都与前者没有相似的性质。每个事实事项的对立面依然是有可能存在的，因为它可以从不暗示对立面，从不被头脑以同样的清晰度和灵敏度察知，仿佛与真理、现实非常一致。”（Hume，Philosophical Essays，1748，47—48。）

下册

第4部　现代的诞生

自然哲学因而绝对年轻。

——托马斯·霍布斯，《哲学的要素》

（*Elements of Philosophy*），1656年

第四部分探讨科学革命的两个大为不同的结果。第十二章和第十四章考察了工业革命的科学起源，证明它比以前推测的更早、更密切。中间的第十三章审视对超自然媒介的信仰，其中包括巫婆、魔鬼和吵闹鬼。刚开始的时候，致力于新科学的关键人物希望它有助于证明超自然活动的真实性。在牛顿的《原理》（1687）出版后，结果却恰恰相反，新科学似乎证明了新怀疑论是有道理的。

第十二章　机器

文艺复兴时期将自然视为一台机器的观点……是以人设计、建造机器的经验为基础。古希腊人和古罗马人几乎不使用机器。他们的抛石机和水钟并非他们的生活的显著特征，没有影响他们构想自己和世界之间的关系的方式。但是，到了16世纪，工业革命方兴未艾。印刷机、风车、杠杆、泵、滑轮、钟表和独轮车、矿工和工程师使用的众多机器已经成了日常生活的特征。每个人都理解机器的性质，制作和使用这些东西的经验成了欧洲男人一般意识的一部分。这很容易让人提出一个主张，即上帝之于自然，正如钟表匠之于钟表，水车匠之于水车。

——R.G.科林伍德（R.G.Collingwood），

《自然的思想》（1945）

1

伟大的哲学家和考古学家R.G.科林伍德提出了一种相当简单明了的技术决定论，即新机器促进了新的思维方式。但他的观点有两个问题。其一，在他列举的机器中，只有印刷机在文艺复兴时期是新的。早就有人主张，中世纪见证了一场技术革命，其中包括钟表的发明、水车和独轮车的广泛传播、建造大教堂所需的各种起重机和绞盘的发展；将自然当作机器的观点不应该出现于16世纪，而是出现于14世纪。第二个问题甚至更为根本，因为尽管科林伍德用了很长一章来探讨文艺复兴时期的自然思想，并再次主张文艺复兴时期把自然视为一台机器，但他从未举例说明有人把自然描述为一台机器。科林伍德非

常相信文艺复兴时期认为自然是一台机器，结果他未能注意到，他没有产生证据来支持他的主张。

让我们牢记这个具有警示性的故事，以提出一个问题开始。这个问题就是：机器是什么？这个问题貌似过于明显，不需要问，但实际上是一个必要的开端。首先，至少在概念性的词语中，存在“简单机器”。阿基米德研究了三种能够被用来移动重物的初级工具，即杠杆、滑轮和螺杆。亚历山大里亚的希罗（Hero of Alexandria，10—70）增加了绞盘和楔子。16世纪末，西蒙·斯蒂文把斜面包括了进去。在移动载荷上，所有这些简单的机器都提供了一种机械优势。在伽利略的《机械学》（*On Mechanics*，1600年是手稿形式，于1634年在梅森首次出版）中，现代机械学首次被具体化了。伽利略首次证明，一台机器做的功永远不可能超过被置入它里面的功，因此机器永远不可能欺骗自然，做出打破其正常规则的事情。这样一来，一个杠杆可以让一个轻物举起一个较重的物，但轻物移动距离要超过较重的物，于是杠杆支点两边被做的功是一样的。伽利略于是在自然过程和人工过程之间确立了一种新的同一性。由于伽利略以这种狭隘、技术的方式思考机器，他永远不会说宇宙是一台机器，或所有自然过程都可以从机械方面来理解。他甚至从未把宇宙比作一个钟表。如果他想这样比拟，他肯定能够做到。

伽利略的确探讨过的东西是原子论。笛卡儿、伊壁鸠鲁、卢克莱修的原子论暗示宇宙是由构件组成的，这些构件通过其大小、形状和硬度发挥作用。正如笛卡儿所说的那样，“一如既往的甜，一如既往的热，一如既往的冷，一如既往的色彩，但实际上是原子和虚空”。在一个原子和虚空的世界里，一切自然过程都产生自原子贴在一起的方式。1618年，作为与艾萨克·比克曼一次交谈的一个结果，年轻的笛卡儿提出了古代原子论的一种替代学说。古人认为原子在空的空间里互相撞击，笛卡儿则拒绝了空的空间的可能性，并且从微粒方面来思考。这些微粒充满了一切可以获取的空间，就像水充满了海洋。第二

年，笛卡儿系统表述了他著名的“我思故我在”学说。其结果是，存在某种我确切知道的东西。他从这一安全的基础出发，创建了一种新哲学，以取代亚里士多德哲学。他还于1637年发表了他的新体系的要素。自玛丽·博厄斯（Marie Boas）那篇长如一本书的文章于1952年发表以来，人们已经习惯于把古人的原子哲学（由伽利略、伽桑狄等人复兴）和笛卡儿的微粒哲学相提并论，统称为“机械哲学”。它们都是亚里士多德的形式和特性理论的替代品。机械哲学这个词在17世纪晚期肯定被广泛使用，但它的误导性要大于益处。

虽然被当成了机械哲学的奠基人，但笛卡儿从未在出版文字中把自己描述为机械哲学家。他说，一切机械法则都是物理或自然法则（伽利略已经证明了这一点），但并非所有自然法则都是机械法则。他并没有把自然描述为一种机械系统。他的确在一封信（1637年）中使用了“机械的哲学”这个词，用它来指“相当油腻和机械的哲学”。换句话说，他指的是一个造车匠可能拥有的那种哲学。他是在回应一个批评者。这个批评者把他的哲学描述为“粗劣且相当油腻”“过于庸俗和机械”。就是说，太物质（就像我们可能会说的那样），以至于根本不能被算作一种哲学。笛卡儿写道：“如果因为我的哲学考虑形状、大小、运动，就像机械学中所发生的情况那样，使他觉得过于庸俗，那么它就是我认为最值得受到赞扬的东西，并且我对它尤为自豪。”（莱昂纳多也断定，做一个这种意义上的机械哲学家应该是一件值得自豪的事情。）

“机械哲学”这个词是亨利·摩尔（Henry More，剑桥的一位院长，一生崇拜柏拉图）于1659年创造的。那是在笛卡儿死后，在攻击笛卡儿哲学的过程中理论逐渐成形。他曾一度热情地支持笛卡儿哲学。莫里想捍卫那种主张精神和目的本性积极的思想，并驳斥笛卡儿的主张。笛卡儿认为，自然过程是没有灵魂的，物质是消极的，所发生的一切（抛开上帝、天使和人的自由选择）都是必然发生的。在英国之外，“机械哲学”这个词慢慢流行起来。拉丁语第一次提到它是在塞缪

尔·帕克于1678年出版的《论争》（*Disputationes*）中，法语是在皮埃尔·贝尔的《文坛新闻》（*Nouvelles de la république des Lettres*，1687）中。在英语中，有一个替代词，即罗伯特·玻意耳于1662年创造的“微粒论哲学”。他是为了既涵盖古代原子论，也涵盖笛卡儿的新微粒哲学。“微粒哲学”和“机械哲学”因此是两个为了同一事物而竞争的词。这两个词首次在法语中出现都是在一次对“机械或微粒哲学”的提及（1687年；当玻意耳的文字在两年后被翻译时，所使用的短语是“微粒哲学”）中。

沃尔特·查理顿在1654年就是这样概述那种将很快被称作机械哲学的东西的。他说的一切都是笛卡儿可能会说的：

我们认为，自然凭借普遍的自然法则，通过一种物体的行为和另一种物体的激情，产生了一切结果。就像也许可以从我们以前的各种论文中所搜集的那样，普遍的自然法则包括以下几种：其一，每种结果都肯定有其原因。其二，每种原因都只能通过行动发生作用。其三，每个物体都不能作用于遥远的承受物体，或作用于它没有要么通过自身要么通过某种手段或连接，或被传输而实际在场的承受物体；其结果是，每个物体都只能通过间接或直接接触，如通过某个延续的器官，也可以通过一个肉体的器官，或仅仅通过它自己，移动另一个物体。

设置了其定义后，查理顿接着攻击了传统的感应和相克概念，主张必须从机械方面重新建构它们：

它被认为，如果说两个东西要么由于相互感应而互相吸引、拥抱，要么由于相克而相互排斥、回避，很难说这是必然。根据我们的观察，在一切可察觉的、机械的操作中，一个物体吸引并紧紧抓住另一个，或一个物体排斥并避免与另一个结合，所使用的方法和手段是一样的。微小的差异仅在于，在粗糙、机械的运动中，吸引和排斥是

由可察觉的工具执行的，而在被称作感应和相克的那些比较精细的自然行为中，吸引和排斥是由神秘、不易察觉的工具执行的。

这意味着，他现在已经大体上知道了感应和相克是如何运作的：

就每种普通的、可察觉的一物被另一物的吸引或纠缠所使用的方式而言，每个人都会说是钩子、绳索，或从吸引物延续到被吸引物的某种这样的中间工具。在每种一物对另一物的排斥或分离中，被使用的是杆子、杠杆、别的中介器具，或从驱动物到被驱动物的某种被爆炸、发射的东西。那么，我们为什么应该设想，在每种奇妙的、不可察觉的一物被另一物的吸引中，自然利用了某些微小的钩子、绳索、链子，或相似的、从吸引物延续到被吸引物的中介工具；同样地，在每种秘密的排斥或分离（推开），她使用了某些小棒子、杆子、杠杆，或相似的、从排斥物延续到被排斥物的、突出的工具？这是因为，尽管她的这些工具是不可见的和不可感知的，我们仍不会因此得出结论，认为根本不存在这样的东西。

正如查理顿所描述的那样，这种机械哲学或许对卢克莱修有完美的意义，但他会发现这一标签自身令人深感困惑，因为古罗马人和我们一样，也不认为杆子和钩子是机器，不过是数学家的简单机械。但是，古罗马人的机器概念既不同于查理顿的，也不同于我们的。维特鲁维斯《建筑十书》是古罗马机器知识的关键来源，它描述了在建筑和战争中使用的机器。当维特鲁维斯写到一种机器（拉丁语为“*machina*”）时，他使用那个词指的东西和我们指的东西完全不同。脚手架是机器。云梯是机器。在轮子上建造、能够让你接近敌人的城墙并爬上去的高塔是机器。观众站立其上的平台是机器。罗马人的机器不一定在移动东西的意义上发挥作用，也不一定拥有移动部件。它们的共同特征是，它们是旨在稳固的物质结构。因此，带滑轮的起重机是机器，但使它成为机器的似乎是它受到了稳固的支撑。抛石机是机器，但使它成为机器的不是它抛大石头，而是它是由捆在一起的大

方木做成的。与“*machina*”最接近的同义词是“*fabrica*”，后者通常可以被翻译成“结构”。当卢克莱修谈论世界的机器（*machina mundi*）时，他是在讨论我们的世界的消解的语境中谈论的。当我们的世界终结时，它的结构就会瓦解。世界的机器因而是我们的宇宙的稳定结构，即天空、地和四元素。当宇宙走向终结、新宇宙诞生时，所有这一切都将消失。

“*machina mundi*”这一短语被德尔图良（Tertullian，160—225）和奥古斯丁（354—430）重申，并因此出现在整个中世纪哲学（例如萨克洛波斯克）中，尽管卢克莱修的文本曾经失传并直到1417年才被重新发现。(注)但是，这并没有暗指一套相连的移动部件、一种齿轮传动系统或一种动力传统系统。把它翻译成“世界的机器”是误译。最佳的英语翻译也许是约翰·威尔金斯在1675年翻译成的“this visible frame which we call the World”（这一我们称作世界的可见结构），它肯定意味着英语中的对等物。

2

当然，随着时间流逝，卢克莱修的短语的原始含义已经失传。随着机器的变化，卢克莱修的短语的含义也随之变化。在这里，钟表至关重要。首批钟表的主要目的之一是模拟天空的运动，不仅仅是辨别时间。于是，在1364年（约在擒纵机构发明60年后，擒纵机构使机械钟成为可能），乔瓦尼·德唐迪（Giovanni de’Dondi）在帕多瓦建造了一台天象仪。它显示时间，太阳、月亮和其他行星的运动，以及宗教节日。他的部分目的在于证明托勒密体系是天空运行方式的精确表达，不仅仅是一种数学模型。人们因此自然就主张，既然钟表可以模拟天空，所以天空就像钟表。就我们目前所知的情况而言，这一主张最初是由奥雷姆于1377年提出的，在一座钟表被竖立在巴黎王宫7年之后。他说，球体的运动也许像“一个人做了一个钟，然后让它自己走”。他的言下之意是，上帝也许很像一个钟表匠。科林伍德说：“这

很容易让人提出一个主张，即上帝之于自然，正如钟表匠之于钟表……”他的说法是正确的。但是，在中世纪的作家里，没有谁把宇宙比作水车这样粗糙的东西。此外，奥雷姆的比较也是严格限定的，他是把天空的圆周运动比作钟表的转轮，而非把整个宇宙比作钟表。他不认为钟表是机器，没有使用钟表比喻来证明上帝的存在。奥雷姆不打算阐述一种机械哲学，因为他生活在柏拉图和亚里士多德的形式世界里。实际上，他最终接受了传统观点，即天空受灵性智能控制。

然而，到了1550年前后，维特鲁维斯（以拉丁语写作）的阐释者开始表达对他的关于机器为何物的描述的不满。他们想把水车和钟表包括在机器中（当属第一次），赋予动力机械重要地位。（古希腊和古罗马水车很少，没有钟表，因此它们对动力机械没有兴趣。）因此，现代机器思想是通过赋予拉丁语词“*machina*”一种新含义而诞生的。这种对机器的新理解意味着，“*automata*”，即自我驱动的装置（包括钟表），此时第一次被归类于机器。

钟表上早就有一些小雕像。它们从钟表里出来或移动报时。显示小时的钟通常由一个拿着锤子的人形来敲。这个人形就是“*jacquemart*”，在英语中则是“jack”。有时候，圣母马利亚和儿童的雕像出现，三个国王则接受它们的检阅；或者机械传令官出现，并吹响喇叭。斯特拉斯堡大教堂的时钟（初建于1352—1354年）是这种复杂的钟表最著名的范例。例如，时钟的顶部站着一只镀金的公鸡。它拍着翅膀，张开嘴，伸出舌头，通过打鸣报告中午到了。现代布谷鸟时钟只是这些“自动”装置的简化版。于1676年被发明的重复报时钟是最复杂的钟表之一。如果你拉一根线，它会报出最近的小时和时刻。换句话说，如果你问它时间，它会回答你（这种能力最初旨在摸黑使用）。

关于新的机器概念，《移动力的关系》（*The Relations of Moving Force*，1615）提供了一个非常重要的例子。它的作者是法国新教徒萨

洛蒙·德·科（Salomon de Caus）。德·科只对移动机械感兴趣，无论它们是被大气压力驱动的（他设计了一台原始的蒸汽机），还是被流水或下降的重物驱动的。举个例子，他发明了一种自动风琴。这种风琴就像自动钢琴，会按照转鼓上的木栓传达的信息，自动弹奏音乐。他建造了复杂的喷泉，带着洞穴，洞穴里有机械鸣禽。但是，他也描述了抽水、锯木头、承担其他工业任务的机器。在制作华丽的喷泉和鸣禽时，他遵循的是古代的先例。但是，古希腊人和古罗马人根本没有提及动力锤和锯子，没有提及承担超越人力的机械任务的自动装置。

德·科很重要。这是因为，当笛卡儿写机器时，他脑子里装的主要是德·科的机器；正是德·科把那个新词从拉丁语传播到了法语中，并通过笛卡儿传播到了英语中。在他们于1637年读到笛卡儿的著作之前，英国人称复杂的机器为“engines”，而非“machines”。（“engine”这个词来自拉丁语词“*ingenium*”。“*ingenium*”的意思是智力，我们从它那里获得了“ingenious”这个词。在英语中，“ingenious”的意思是巧妙，后来才被用于巧妙的装置。）因此，莫里发明了“机械哲学”，为把那个词输入英语发挥了作用。由于笛卡儿对英语的影响，“Engine”和“machine”现在仍然拥有彼此重叠的含义。

笛卡儿自己设计并且或许还建造了自动机器。他设计了一种对钟表机械的改进，设计了一种由磁铁驱动的走钢丝者。他还设计了一种装置，里面有一条狗扑向一只鹧鸪，而鹧鸪则飞开了。甚至有故事说，他给自己做了一个女人。有一次，笛卡儿乘船遇上风暴，船长相信那个逼真的机器里面住着魔鬼，于是把它从船上扔了下去。

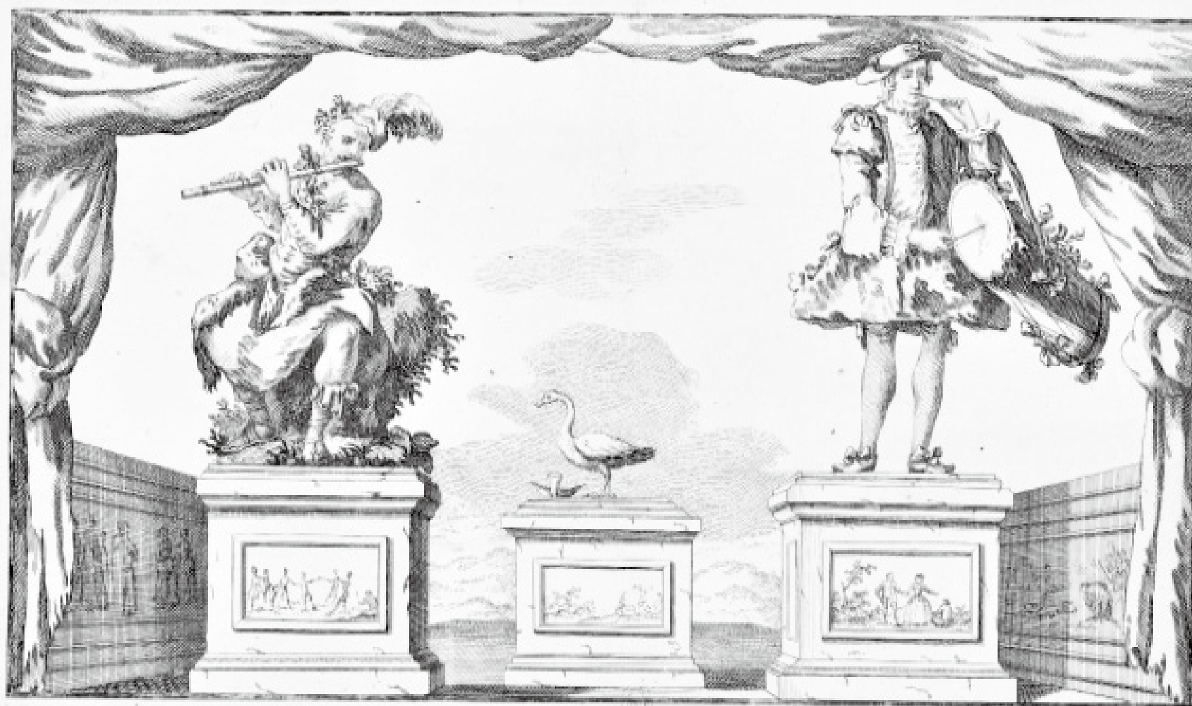
笛卡儿主张，动物是自动机器，即复杂、自我移动的机器。他首次表述这一引人注目、新颖的观点，是在《方法论》中。动物似乎有某种我们称作“生命”或“智能”的特性，但它们实际上只是在执行预定的程序，就像斯特拉斯堡大教堂时钟上的公鸡。笛卡儿认为，只有理性的人类才拥有灵魂；动物没有灵魂，也没有推理的能力。（亚里士

多德派曾经区分了三种不同的灵魂，分别是植物灵魂、动物灵魂和理性灵魂，因此承认动物有灵魂没有任何问题。）当笛卡儿把自然中的某种东西描述为机器时，他指的一直是生物学实体。他否认动物是被设计的，但它们的确会动（就像德·科的机器那样），的确自我复制。因此，一旦它们存在了，它们复杂的结构不需要人们再次从挠头开始，把它们安装在一起。

如果动物是机器，且只是机器，那么对笛卡儿来说，接踵而至的必然是人体也像机器那样运转，因为人体显然与猿的躯体相似。笛卡儿派的医生也渴望研究人体结构，但不是将其作为传动机械系统的范例，而是作为由德·科的喷泉和自动风琴驱动的那种水利系统的范例。如果人体是机器，那么它必然拥有力源。笛卡儿之所以想把心脏当作热力机器来思考，而非当作泵来思考（德·科用给水加热来驱动喷泉，让太阳光透过透镜照射来给水加热），原因也许就在于此。把心脏描述为泵，只需回避何物驱动泵这个问题。但是，毫无疑问，一旦动物被当作机器，主张人也是机器就不在话下了。采纳一种系统的唯物主义也是如此，而这对伽桑狄、笛卡儿、玻意耳、牛顿来说意味着被逐出教门。朱利安·奥弗雷·德·拉·梅特里（Julien Offray de La Mettrie）的《作为机器的人》（*Man the Machine*，1748）是这种坚定的机械论思维的逻辑发展。当然，笛卡儿设置的挑战在于建造一个可以像动物那样行动的机器人。100年后，雅克·德·沃康松（Jacques de Vaucanson）制造了一个机械鸭子，它能走，能叫，能吃，能拉。

笛卡儿并不认为宇宙像一个钟表，因为在他看来，填充外层空间的不是托勒密天文学的水晶球体，不是德·科的机器的齿轮和杠杆，而是液体旋涡。这些旋涡带着行星在绕着恒星的轨道上运转。然而，他的确说，理解宇宙堪与理解钟表的问题相比。如果你从外部看着一座时钟或一个手表，你可以分辨出，有一种机制在转动这个指针。你也许会得出结论，指针是被下降的重物驱动着转动的。但是，它们同样有可能被弹簧驱动（或受到钟摆的管制。但是，笛卡儿没等到摆钟的

发明就去世了）。只有当你能够把钟表拆开时，才能分辨究竟是什么在进行。笛卡儿认为，我们能够对事物可能的运作方式提出令人信服的解释，但不能确知那是它们真正的运作方式，因为我们看不到其机理。其机理之所以藏而不露，不是因为它被藏在盒子里，而是因为它小得让人看不到。人们最初希望显微镜能让不可见的东西可见。它也的确如此，例如它显示了苍蝇如何能够爬上窗玻璃。但是，它不能显示引发光反射或折射的机理，不能显示造成气味的微粒。笛卡儿认为有时候可以设计一些实验，让人们在众多可能性间做出可靠选择（因此你可以用一个装满水的球形瓶做试验，以便显示彩虹是怎样产生的）。但是，这并不总是可行。在笛卡儿看来，帕斯卡尔的真空实验没有起到消除充满之可能性的作用。钟表比喻因此被笛卡儿用来对我们的理解力的局限做认识论论证，而非将其当作宇宙世界运作方式的类比。(注)



AVEC PERMISSION
DU MAGISTRAT DE LA VILLE,

On exposera a la vûe du Publique les 3. chefs d'Oeuvres Mechaniques du Celébre Monsieur VAUCANSON, *Mémbre de l'Academie Royale des Sciences de Paris, qui consistent en trois Figures Automates.*

SCAVOIR:

A premiére, Un homme de Grandeur naturele habillè en SAUVAGE qui jouë Onze airs sur la Flûte traversiére par les mémes mouvements des Levres des doits & le souffle de sa bouche comme l'homme vivant.

LA seconde, un homme aussi de Grandeur naturelle, habillé en BERGER PROVENCAL qui jouë 20. airs differens sur le Flûtet de Provence d'une main & du Tambourin de l'autre avec toute la precision & perfection de méme qu'un habile joueur.

LA troisiéme un CANARD artificiel en Cuivre d'oré qui Bois, Mange, Croüasse Barbote dans l'eau & fait la digestion commo un Canard vivant.

CEs 3. Pieces qui ont fait meriter une Récompense a l'Autheur d'une Pension de 8. mille & 5. cent Livres par le Roy, & qui ont engagè un grand nombre des Personnes de distinction a des longs & penibles Voyages pour les voir, marque mieux leur mérite qu'un plus long detail. On Espere que dans cette Ville un chacun sera charmè de profiter de l'occasion de les voir & qu'ils en feront la difference du nombre des bagatels, qu l'on fait voir tous les jours au publique. Comme le Proprietaire doit se trouver le 12. a Francfort il donnera pendant 8. jours a commencer ce jourd'huy 2. Répresentations par jour a 3. & 5. heures apres midy au Poil du Miroir, l'on payera 24. Sols au premiére, 16. au second & 8. au troisieme place, & comme il n'y a aucune tricherie dans ces beaux ouvrages l'on enfera voir l'interieur a decouvert en payant 24. Sols par personne, l'on vend aussi dans la méme Sale le mémoire presentè par l'Auteur a Messieurs de l'Academie Royale qui contient un ample detail des pieces contenües dans ces ouvrages & aussi l'Approbation des Messieurs de l'Academie.

Les Compagnies particulieres pourront les voir a tout heure, en avertissant d'avance & payeront 3. Livres par Personne etant au moin au nombre des huits.

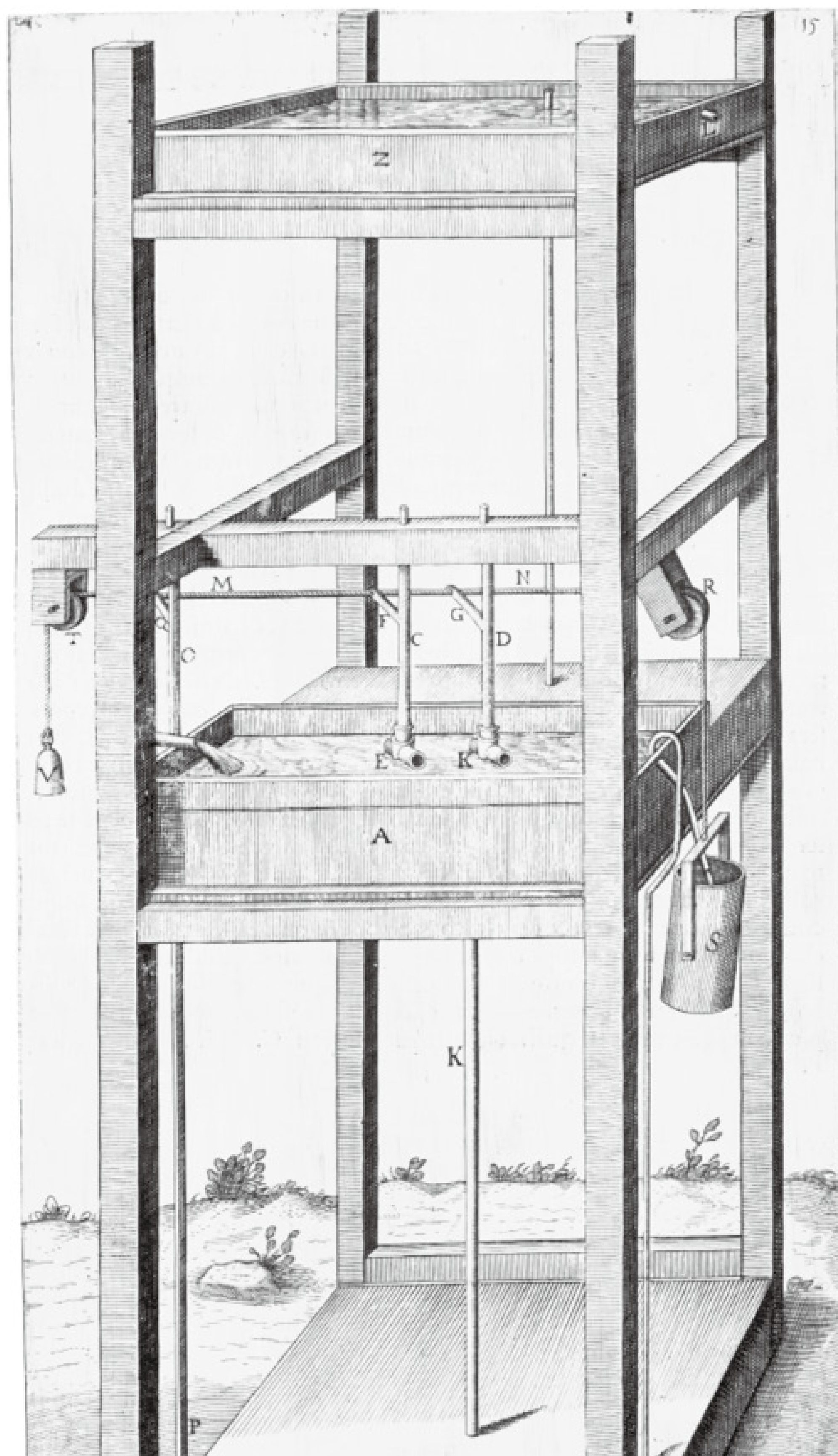
一份日期不明的18世纪传单，宣布要举办一个关于沃康松的三种自动机器的展览。这三种自动机器分别是长笛吹奏者、鼓手和能消化的鸭子。尽管人们做了各种建造复制品的尝试，但鸭子的内部机制不为人知。

一旦一个钟表开始走动，它就自动履行其任务，但它不能自我调节。如果它走得快了，它自己不能慢下来；如果它走得慢了，它也不能赶上去。然而，科的一个机器拥有一种复杂的反馈机制。按照设计，那个机器将用水的重量举起半箱水，而另一半则通过向下坠加以平衡。它由三个处在不同水平上的水箱构成。机器运转的机理如下，在最低的水箱充满水时必须关闭两个阀门。通过制造水流溢出，充满一个漏斗，等漏斗空了，一个重物就关闭了阀门。自我调节机器在17世纪很罕见［数年后，康拉德·德雷贝尔（Conrad Drebbel）设计了一种孵卵器，通过一个恒温器调节温度］，德·科的自动调节机器也许是自亚历山大里亚的希罗以来第一种被发明出来的自动调节机器。希罗涉及了浮动调节器，我们现在仍在水箱和马桶水箱里使用它。自动调节机器只是在18世纪末期才变得常见。后来，事实证明，在适当时间自动开关阀门的方法对蒸汽机的运转至关重要（把风车转进风里的风扇轮是另外一个简单的例子）。自我调节的机器不仅仅是迈向整整一系列更为先进的技术的关键一步，还是现代社会学的奠基概念。大卫·休谟的贸易平衡理论和亚当·斯密的市场理论有赖于反馈机制概念。关于古希腊人和古罗马人为什么未能发展一种普遍的经济行为理论，人们早就为此争论不休。一个不错的答案是，他们没有带有反馈机制的机器，因此缺乏思考社会过程的基本工具。

3

由于在17世纪经过了伽桑狄、笛卡儿等人的修正和重构，古典原子论于是按照相互影响的微粒来解释自然。1659年后，英国人通常称其为“机械哲学”。不过，玻意耳很快就引入了混淆性小得多的“微粒论哲学”和“微粒哲学”这两个词。（“机械哲学”这个词最终被引入了法

语，甚至在笛卡儿派中也引发了混淆。）原子和微粒不是机器，但它们的相互作用是由大小、形状和硬度决定的，正如钟表部件的相互作用那样。伽桑狄的弟子（如英国的查理顿）和笛卡儿的弟子（如亨利·鲍尔）在很多问题上都不一致，但他们都认为，人们应该优先以微粒来解释自然过程。玻意耳和牛顿在这一点上追随了他们，尽管他们没有坚持一切都可以用微粒来解释（实际上，牛顿的引力理论被证明是一大例外，最终摧毁了它诞生于其中的微粒哲学）。


15
Z
M
N
R
T
Q
O
F
C
G
D
E
K
A
S
K
P

德·科的自我调节提水机器，来自《移动力的关系》（*La Raison des forces Mouvantes*，1615）。

有一种完全不同的论点认为，宇宙是为服务于一种目的而被设计的，就像钟表或别的任何复杂的机器那样，从而证明了上帝的存在。笛卡儿不使用这一论点。他的宇宙几乎不能被描述为“被设计的”，是允许非常基本的法则在实践上自我运作的结果，并且与其说是机械的，不如说是流体的。它包含漩涡和其他液体流，不包含齿轮。已经有人主张，源自设计的现代论证首次出现在皇家学会创始会员之一约翰·威尔金斯的著作《自然宗教的原则和义务》中。这部著作是在他死后于1675年出版的。按照这一论证，我们可以说宇宙拥有一个创造者，因为只有一位外在的代理者才能够设计、建造它，从而使它不同的部分发挥它们各自的功能。亚里士多德派永远也不可能这样论证，因为亚里士多德本人不相信宇宙有一个创造者，他的中世纪继承者认为目的性就是自然结构的一部分。(注)然而，威尔金斯并不是第一个使用这一论证的人，因为它可以在亨利·莫里于1668年出版的著作里被找到，也可以在17世纪早期荷兰耶稣会士莱昂纳德斯·莱修斯（Leonardus Lessius）于1631年出版的著作中被找到。莱修斯对概率感兴趣。

经由这些文本追溯这种论证可以发现，它是一种古老得多的论证的一种变体。那种古老的论证有时候被称作无限猴子定理，即一个猴子不停地乱打字，最终会打出莎士比亚的著作。对这一论证的反驳基本上可以在西塞罗的著作里被找到，尽管肯定既没有打字机，也没有莎士比亚。西塞罗拒绝原子论者所认为的宇宙是偶然的产物主张。他说：

我不能理解的是，为什么那些认为这是有可能发生的人不会也这样想，如果把字母表里的21个字母数不胜数的复制品（用金子做的，或你想用什么材料做都行）扔进一个容器，然后把它们摇到地上，那么它们有可能产生恩尼乌斯（Ennius）的《编年史》（*Annals*），读者马上就可以阅读。我怀疑偶然是否有可能成功地产生哪怕一段文字！

与之相似的是，莱修斯及其继承者说，如果你给地上扔一定数量的砖头，你永远也得不到一座宫殿。书需要作者，宫殿需要建筑师，钟表需要钟表匠，宇宙需要创造者。我们已经看到，开普勒暗示即使沙拉也需要厨师。（当然，这一观点后来将受到休谟和达尔文的反驳，但在很长一段时间里，它看起来无懈可击。）

关于这一论证，玻意耳有他自己的说法。他没有用它来反对原子论者，而是用来反对经院哲学。他坚持认为，它们并不拥有一种全能的上帝的概念。说真的，他脑子里也许想着阿奎那：

关于他们提出的上帝在世界上的代理人观点和我将提出的观点之间的不同，也许在一定程度上可以概括如下：他们似乎设想世界犹如一个傀儡，其设计方案也许非常巧妙，但设计者仍不得不（有时通过拉铁丝或绳子，有时候拉别的东西）指导几乎每个特殊的行动，时常过分控制那种机械的行为；反之，在我们看来，它有点儿像一个罕见的钟表，也许就像斯特拉斯堡的那座时钟，那里的一切东西都设计得很高明，只要机器开始运转，一切都按照设计者最初的设计进行，小雕像在整点的时候做这样或那样的事情，其行动并不像那些傀儡那样，要求设计者或他雇用的任何智能中介的特殊干预，而是会按照整个机器总的和原始的设计方案的特点，在特殊的时候发挥它们的功能。

在玻意耳版本的论证里，你不能用文本或宫殿来取代钟表（在威尔金斯的论证里可以），因为文本和宫殿是静态的，而钟表是移动的。他的观点是，在我们的宇宙中，一切都按照相同的普遍法则继续

进行，不需要排除机器中的故障所必需的干预，不需要弓箭手来指引箭，这令人吃惊。要开始这一论证，他不仅需要一种复杂的发明，还需要这一发明能够持续运动。只有钟表能做到这一点。实际上，只有摆钟能做到，因为较早的钟表需要不断调整。在那方面，玻意耳的论证是一种新的、有别于其他的机械论证。

但是，机械哲学的遗产并不完全是现代版本的源自设计的论点。那种论点现在仍以智能设计的形式受到捍卫。未来不仅是用新哲学（无论是机械的还是牛顿的）铺就的，还是用新机器铺就的。德·科摆弄了一台非常简单的蒸汽机，而运转的蒸汽机需要简单的反馈机制。沃康松不仅制作了一只机械鸭子，还设计了一种能够自动编织锦缎的机器。弗里德里克·冯·克瑙斯（Friedrich von Knauss，1724—1789）设计了一只机械手，可以像真手那样在纸上写字。他还建造了第一台打字机。工业革命将依赖这些人的技能。建造第一座斯特拉斯堡教堂时钟的工匠想必熟悉这些技术。科学革命是作为数学家的一场革命开始的，最终将变成机械学的一场革命。从斯特拉斯堡时钟到多轴纺织机，有直接的承继关系。

这就把我们带回了我们开始时提出的那个问题。斯特拉斯堡钟是在14世纪中期建造的，但机械哲学却是在三个世纪后被发明的。机器在这期间没有发生太大变化，但哲学家变化很大。卢克莱修的著作刚能够被接触到（他的著作于1417年被重新发现），他的世界的机器概念就被转化成了一种崭新的思想，即钟表装置的思想。然而，要想让这一情况发生，卢克莱修的文本并不够。我们需要的不仅是新机器，也需要一种讨论机器的新语言。在这一新语言之前，钟表可以被用于理解天空，不可以被用于理解地球上的物理或生物。正是德·科这样的工程师通过概括移动的机械的概念，使钟表装置的宇宙和机器人成为可能。

地理学已经在16世纪初被水手们改造，自然哲学则在17世纪初被“数学家和工程师”改造。自然哲学再也不是一种可以仅凭钢笔和纸张就能从事的事业。玻意耳的空气泵和惠更斯的摆钟是哲学机器，也就是由哲学家制作的机器（当然是在工匠的协助之下），第一种是为了应对一个科学问题，第二种是为了体现一种科学理论。它们有助于改造哲学家思考机器的方式，就像笛卡儿对自动机器的痴迷产生了一种新的机械哲学。早在17世纪，数学家的革命就已经变得与一场机械革命难解难分。在我看来，科林伍德提出的工业革命到了16世纪“方兴未艾”的主张似乎是欠考虑的，因为没有新的动力源被带来做支撑。但是，在第14章中，我将主张，到了17世纪末，它的确方兴未艾。这要归功于一种新型专家的出现，即工程师—科学家。

4

现在情况将变得明显了，即笛卡儿和玻意耳都拥有我们也许可以命名为机械哲学的东西，但它们大为不同。就我们已经区别的三种核心论点而言，即微粒论、作为自动装置的动物、钟表装置的宇宙，他们在第一种上是一致的，但他们都只采纳了另外两种中的一种。如果人类被认为和动物几乎没有差异，那么作为自动装置的动物就会导致无神论，但如果你能证明（就像笛卡儿认为他能的那样）一种非物质精神的存在，那么它就不会导致无神论。如果微粒论和宇宙出自偶然的主张结合在一起，那么它就会导致无神论，但如果这更深入的一步受到阻碍，就像玻意耳寻求通过源自设计的论证阻碍它那样，那么它就不会导致无神论。笛卡儿和玻意耳自认为他们能够使自己免于无神论，前者通过区别精神和物质，后者通过把自然世界视为给上帝的设计提供了证明。玻意耳的观点被证明相当有活力，他也将激发威廉·佩利（1743—1805）等基督教神学家长期坚持的一个传统。这一传统一直持续到了达尔文。对它没有好的回答，尽管在于其死后出版的《关于自然宗教的对话》（*Dialogues Concerning Natural Religion*，1779）中，休谟曾尽其所能地弱化它。笛卡儿的观点的命运可没这么好，就

连洛克也认为，也许存在思考的物质这样一种东西。事实证明，牛顿这样问是正确的：

如果我们用笛卡儿的话说，绵延是物体，那么我们不就显然提供了一条通向无神论的道路了吗？这既是因为绵延不是被创造的，而是一直不停地存在着，也是因为我们确信它与上帝没有关系。于是在某种情况下，我们不可能既设想绵延，同时又想象上帝的不存在。这一（笛卡儿）哲学中的精神和物体的区别也是不可理解的，除非我们在同一时间说，精神根本没有绵延，因此基本上不会呈现在任何绵延中，即不存在于任何地方。这似乎和否认精神的存在是一回事……因此，无神论者把那归因于只属于神的有形物质，也就不令人奇怪了。

德霍尔巴赫（d’Holbach）、狄德罗等众多18世纪无神论者将从笛卡儿的机械论中获取灵感，并将其转化成一种无上帝立锥之地的、系统的唯物主义。

微粒论对科学革命绝对至关重要，因为相对于亚里士多德的形式或质料学说、非物质本质学说，它提供了一种替代选项。其结果是，它把目的论排除在了事物的属性之外。它有助于那些解释大气压力和真空的理论模式的产生，即使笛卡儿本人不接受那些模式。但是，牛顿的革命（我们将在第13章中讨论）保证，随着那一概念在18、19世纪被继承下来，它很快就不再是科学的核心部分。现代物理、化学、生物学并不出自微粒哲学，而是出自其崩溃。微粒哲学最终不过是介于经院哲学和牛顿学说之间的一个插曲。

如果牛顿摧毁了微粒哲学，这将大大强化源自设计的那种论点。只有一位万能的上帝，一位创造了自然法则并确保它们在世界中发挥作用的上帝，才能解释引力的作用，因为引力既无法用亚里士多德的观点来解释，也无法用微粒哲学的观点来解释。牛顿的上帝并不指引箭飞向靶子。他确立了决定每枝箭和所有箭飞行的法则。因此，只有在一种已经被精心完成并且依赖源自设计的论点的文化里，牛顿学说

才是可以想象的。那种文化具有英国特色，因为正如我们已经看到的那样，笛卡儿可以避免设计。在这方面，牛顿是玻意耳的继承人，并且把牛顿学说输出到欧洲大陆不仅取决于使外国的科学家接受超距作用的可能性，也取决于使他们采纳那种设计论点。

1733年，伏尔泰说，英国人和法国人生活在两个不同的世界，即牛顿的世界和笛卡儿的世界：

如果一个法国人来到伦敦，那么他将发现，一切都变了，哲学也是如此。他离开的世界是一种充满，现在他发现它是一种真空。在巴黎，宇宙是能看得见的，由旋涡和细微的物质构成，但在伦敦，则根本看不到这样的东西。在法国，引发潮汐的是月亮的压力，但在英国，是海洋被吸引向了月亮……事物的本质完全变了。你既不同意灵魂的定义，也不同意物质的定义……这些观点的对立是多么强烈啊！

伏尔泰等于在提醒我们，科学家能够生活于其中的世界不止一个。

但是，无论是在笛卡儿的世界里，还是在牛顿的世界里，自然法则都是不可改变的，不仅如此，人类居住的世界不仅远没有从宏观到微观，给他们反射回自己的形象，反而显得根本不关心他们的存在。对这两个世界来说，太阳只是不可胜数的繁星中的一颗，宇宙即使不是无限的，也至少没有已知的界限。“当我想到人生苦短，此前与此后都会被万古吞噬，想到我甚至可以看到我所占据的方寸之地被淹没在浩瀚的空间之中，并且这一空间根本不知道我，就感到恐惧……这些浩瀚的空间的永恒沉默吓到了我。”帕斯卡尔写道。他曾帮助了新世界的诞生。被上帝镌刻在事物形式中的意义，存在的巨大链条、感应和排斥、自然魔法，这些已经被盲目的机械和无情的法则取代。在笛卡儿看来，就连动物也不过是自动机器。布莱克描绘的牛顿在扮演上帝，测量出宇宙。牛顿痴迷于自然法则简化的数学语言，再也看不到

他周围的复杂性和多样性。质已经被简化为单纯的量。这就是韦伯所谓的“世界的祛魅”的开始。

---

1. 根据德尔图良的记载，当目睹了日食和耶稣被钉十字架奇迹般的巧合时，狄奥尼索斯（Dionysius）喊道，“Aut deus naturae patitur, aut dissolvitur machina mundi”（神受难，要么世界就会崩溃），然后这一短语出现在了拉丁语日课经中；奥古斯丁：moles et machina mundi（世界的庞大体积）。
2. 这种论证自身并不新颖。在阿威罗伊主义者及其对手就本轮的现实进行的辩论中，它已经被系统表述。见原书第413页。
3. 阿奎那关于上帝之存在的第五种证明是，我们可以看到宇宙各部分的运转仿佛受到了一种智能的引导，所以一种智能肯定在引导它们。阿奎那证明的不是一个钟表匠之类的上帝的存在，而是居于宇宙之内、“象弓箭手指引箭那样”指引着它的上帝的存在。

第十三章　世界的祛魅

因此，理智化和理性化不断成长的过程并不暗示着一种不断增长的对我们生活于其下的状况的理解，而是意味着截然不同的东西。那是那种知识或信念，即只要我们想理解它们，就能随时理解它们。那么，这意味着在原则上，我们不受神秘的、不可预知的力量的控制。恰恰相反，我们原则上能够通过计算的方法，控制一切。那相应地意味着世界的祛魅。

——马克斯·韦伯，《作为职业的科学》（*Science as a Vocation*），1918年

1

1661年3月，威尔特郡泰迪沃斯的绅士约翰·毛姆普森（John Mompesson）让人逮捕了一个正在击鼓的街头艺人（乞丐必须有许可证，这个乞丐的许可证是伪造的），并没收了他的鼓。在接下来的两年里，毛姆普森的家里遭受了一个吵闹鬼的困扰，有击鼓的声音，也有物体悬浮和令人惊恐的声音。下面是一篇典型的报道：

1662年11月5日，一直有很大的吵闹声。一个仆人注意到孩子房间里的两块板好像要动起来，他请求它给他一块。一块板跳到了（他没看见任何东西在移动木板）距离他不到一码的地方。那个人又补充说，还要让我拿到木板。结果，木板就被直接向他推过来。他把板推回去，板又被推向他。这样反反复复，加在一起至少有20次，直到毛姆普森先生禁止那个仆人这样放肆。这是白天发生的事情，整个房间里的人都看到了。那天上午它留下了一股硫黄味，非常难闻。到了晚上，牧师克拉格（Cragg）先生和街坊四邻来那座房子里造访。牧师是

来和他们祈祷的，跪在儿童床旁边，当时那里吵闹声很大。在祈祷期间，它退到了阁楼里。但是，祈祷一结束，它就回来了。然后，在众目睽睽之下，椅子开始自动在房间里乱走，孩子们的鞋子被扔到了他们头上，所有不固定的东西都在房间里动来动去。与此同时，一件床上用品被扔向了牧师，落到了他的一条腿上，非常轻柔，比一缕羊毛落下来还要轻。人们还看到，这东西就停在它落到的地方，没有滚动或离开那个地方。

怪异的故事、精彩的故事一直都不缺。这个故事来自《被战胜的撒督该派》（*Saduscismus triumphatus*）。这本书的作者是约瑟夫·格兰维尔。他是一位神职人员，也是新科学的主要宣传者之一，于1664年成了皇家学会的会员。他于1666年开始出版为巫术的真实性辩护的著作。毛姆普森先生的故事首次出现在于1667年出版的《对现代撒督该派的打击》（*A Blow at Modern Sadducism*）中，撒督该派被理解为对精灵的真实性的否认。［刚才引用的故事出自他于死后出版的《被战胜的撒督该派》（1681年）。格兰维尔的朋友、柏拉图派哲学家亨利·摩尔通过媒体看到了它。它然后又经历了5个版本。］《被战胜的撒督该派》的目的很简单。格兰维尔寻求制造无懈可击的证言（其中包括他自己的证言），也就是他所谓的“现代关系选集”，以确定巫婆、吵闹鬼、魔鬼是事实（他对同时代的科学语言的使用是有意的）。这样一来，他就能证明精灵世界的真实性，从而反驳无神论的唯物主义。1677年，医生约翰·韦伯斯特撰写了《所谓的巫术的展示》（*The Displaying of Supposed Witchcraft*）来反对他。韦伯斯特在获得出版许可证上遇到了麻烦，但最终从皇家学会副会长那里获得了许可。在格兰维尔和韦伯斯特的冲突中，皇家学会两头讨好。然而，韦伯斯特从未被选为会员。对格兰维尔以及与他观点相似的人来说，新科学旨在起到反对唯物主义和无神论的屏障作用。具有现代性和相信巫术携手前行。

“modern”（*modernus*，现代）这个词可以追溯至6世纪。[注]它在西哥特人洗劫罗马（410年）和狄奥多里克（Theodoric，493—526）统治下的一种新基督教秩序确立之后到来。当时，现代是在经历一个漫长的灾难、危机和崩溃时期之后的恢复时代。“现代”的含义一个接一个世界地发生变化，一个学科接一个学科地发生变化。在大约1000年的时间里，既有古人，也有现代人，他们大体上分别对应异教徒和基督教徒。最早在1382年，佛罗伦萨编年史家费里波·维拉尼（Filippo Villani）就提到了“古代、中间的时代和现代”。1604年，“*medium aevum*”这个术语（“medieval”这个词的先驱）被引入了，确立了古代史、中世纪史和现代史的区别。这一区别时至今日仍是标准的区别。还有一些术语来了又去，“the Renaissance”（文艺复兴）和“the Enlightenment”（启蒙运动，这两个都带着定冠词）是19世纪的术语，最近50年已经让位于“early modern”（现代早期）。这三个术语都反映了人们不愿意把1453年（君士坦丁堡的陷落）以来的全部历史视为“现代”。如果有一位19世纪的旅行者手拿旅行指南，在欧洲任意一个大火车站登上火车，那么他的感受将和伊拉斯谟的感受大为不同。伊拉斯谟曾在16世纪骑马游历欧洲。在启蒙运动时期，与伊拉斯谟的时代相比，唯一的优势是四轮马车的引入。对一位19世纪末的历史学家来说，“modernity”（现代性，一个19世纪的词）不是始于罗马的陷落或君士坦丁堡的陷落，而是始于列车时刻表。[注]它似乎已经（至少对现在来说）停止了，因为我们已经发明了“postmodern”（后现代）这个术语来标志我们的世界（最近50年左右的世界）和我们的父母、祖父母、曾祖父母的世界的不同。

莎士比亚既用“modern”这个词来表示“平常的”的意思，也表示“当代的”意思。他对历史变化的感受不够强烈，没有想到强调现代世界的特征，以及他最了解的宗教改革的特征。他被迫只能偷偷摸摸地提宗教改革，因为害怕被指控信仰天主教。因此，当拉芙（Lafeu）在《皆大欢喜》中说，“他们说奇迹已经过去。我们有我们的哲人，来使超自

然的和无原因的事物变得平常（modern）、常见。因此是我们漠视可怕的事情，把我们藏进表面的知识里，而实际上我们应该把自己交付给未知的恐惧”（II.iii.891），他是在攻击那种新的、认为奇迹已经过去的新教教义。但是，他把“modern”用作“平常的”同义词，是想掩盖他的目的，而非阐明它。在5世纪，罗马的洗劫标志着一个世界的终结和另一个世界的开始。因此，在19世纪，铁路也是如此。尽管有了罗盘、印刷机、火药和美洲的发现，但莎士比亚并不清楚自己生活在一个显然“现代的”世界。他渴望忽略古罗马和他自己的伦敦之间的不同，忽略维罗纳和坎特伯雷之间的不同。

在文艺复兴时期，一些学科中就存在着一种现代感，其中包括绘画、音乐、文学（现代文学是用方言写的，不是用拉丁语，但丁是绝佳的例子）。(注)但是，只是在莎士比亚去世（1616年）后，那种认为存在也许可以被称作“modern age”（现代）、“modern world”（现代世界）、“modern times”（现代）的东西的思想才得以确立。(注)举个例子，拿亚历山德罗·塔索尼（Alessandro Tassoni）于1620年出版的对古人成就和现代人成就之间的长篇比较来说。塔索尼非常了解古人所不拥有的各种东西，比如放鹰捕猎、丝绸和透视绘画。他认为，某些现代技术，比如钟表、罗盘、火药和望远镜，代表着对古人取得的任何成就的超越。但是，他的历史观基本上是循环论的，一个时代获得的东西完全有可能在下一个时代轻易丧失。最重要的是，他没有构想自然科学中的一种决定性改变。在他对自然哲学的讨论中，他赞扬现代人不接受亚里士多是唯一的权威，做出了众多发现（主要是新世界的发现的副产品），但他认为古希腊人优于现代人是不容置疑的。在他对天文学的讨论中，他证明自己非常了解布拉赫对彗星在月上世界的证明，了解伽利略用望远镜做出的发现，但他把萨克洛波斯克和哥白尼归入了现代（就像他把钟表和望远镜归入现代那样）。他赞扬克里莫尼尼，尽管后者拒绝通过伽利略的望远镜来看东西。虽然有人主张塔索尼表达了一种摆脱古代教室的解放感，但他的看法不过是现代人

应该在挨着古人教室的教室里找到一个位置。他没有想到现代人也许可以取代古人。

这一章要在两个意义上论述现代的诞生。其一，“modern”这个词在17世纪60年代出现了一个新含义，指的是后伽利略的科学。因此，在格兰维尔的《极致之上》（1668）中，第一部分被称为“有用知识的现代改进”。他经常使用“modern”这个词［the modern world（现代世界）、modern times（现代）、the modern way of Philosophy（现代哲学方法）、modern Experimenters（现代实验）、the modern Discoveries（现代发现）］来指后哥伦布时代。注这和巴特菲尔德的标题“*The Origins of Modern Science*”（现代科学的起源）中的“modern”是同一个意思，反映了牛顿的同时代人确立的一种用法。因此，当我们讨论科学时，我们对“modern”这个词的理解仍然和他们的理解一致。他们对“the modern”这个词的使用是他们承认我们所谓的科学革命的方式。

其二，对魔法和巫术的信仰下降了。这在拉芙的话语中已经得到暗示，如果我们用“modern”来指某种不仅仅是“常见的”的某种东西的话。当时，这被视为某种新的、前所未有的东西。这也是现代的。在韦伯的“世界的祛魅”中，18世纪初期的英国代表着一个关键时刻。正是韦伯的现代性概念，才特别吸引了我们对科学革命的这一方面的注意。

3

乔纳森·斯威夫特是《格列佛游记》的作者。1704年，他出版了短篇讽刺作品《书的战争》。它描写了发生在一座图书馆里的一场书籍之间的战争，一场古人和现代人之间的战争。斯威夫特在1697年就完成了这篇作品。等到它出版了，它嘲讽的那场冲突似乎已经结束了。斯威夫特的文本故意不完整，结果不可能知道谁最终胜利了。那场战

争的英国部分爆发于1690年。当时，杰出的政治家和外交官威廉·坦普尔（William Temple，他从1688年以来时断时续地聘用斯威夫特担任他的秘书，一直到他于1699年去世）爵士出版了一篇文章，为古人辩护，反对现代人。塔普尔是在回应一场于几年前始于法国的争论。那里有人声称，17世纪（法国人将其称作古典时代，这一叫法显然是在20世纪才出现的）法国作家的著作优于古希腊人和古罗马人不得不提供的任何东西。在英国，这一争论转向了两类作家的相对优点，一类是弥尔顿和德莱顿那样的现代作家，另一类是维吉尔和荷马那样的古代作家（莎士比亚当时尚不足以号称最伟大的诗人）。“现代人”已经获得了一种新自信。

在这场争论中，古代科学和现代科学的相对优点刚开始完全是次要的。坦普尔在其文章中仅顺便提了它一下。在斯威夫特的《书的战争》中，它又退回到背景之中。但是，当丰特内勒在法国起来捍卫现代人、反对古人时，它成了一个中心主题。在对坦普尔的主要回应《对古代学识和现代学识的思考》（1694年；1698年出了第二版，有所增补）中，它又扮演了一个核心角色。这部著作是青年神职人员威廉·沃顿写的，他设法使自己当选了皇家学会会员，但科学远非他的主要兴趣。（沃顿受命去写第一部罗伯特·玻意耳的生平。他动笔写了，但从未完成，因为他曾一度陷入酗酒和放荡的生活。）塔普尔对科学所知甚少，比沃顿少得多，并且不愿意弥补这一缺陷。在他于1699年去世时，留下了一篇未完成的对沃顿的答复。这篇答复没有涉及对科学的讨论，而这原本应该成为他的论证的核心。他显然曾希望某人会为他起草这一部分，而这个人也许就是斯威夫特。

在塔普尔去世后，斯威夫特于1701年出版了这一未完成的文本。按照斯威夫特的说法，下面的一段文字出自塔普尔之手。但是，它里面的信息却暗示对戈德温·威尔金斯等人的工作非常了解，肯定是斯威夫特补充的。斯威夫特熟谙科学问题，甚至熟谙天底下的方方面面：

我承认，说到最近这50年（我们现代自负者所处的时代）那些被误认作知识和学问的伟大推动者的人，关于他们全部虚幻的思考已经为人类的利用、利益或娱乐而制造的东西，我有待寻找，并应该非常愿意找到。我的确耳闻过一些人的不可思议的主张和眼光，他们不仅痴迷于一些想法，认为学问和科学的奇异进展正在这个时代发生，还痴迷于他们有可能在下个时代里取得的进步，例如万能灵丹，它无疑将治愈一切服用了它的人；贤者之石，它将被那些视富贵如浮云的人找到；年轻的血液被输入老人的血管，它将使他们像羊羔那样活蹦乱跳，因为它就是从它们身上取来的；一种通用语言，它也许可以服务于所有人，只要他们忘掉自己的语言；对别人的想法的了解，这样就省去张口说话的大麻烦了；飞翔的艺术，直到一个人碰巧摔下来，摔断脖子；双底船，它们将再也不会失事，但首先要把它们造出来；行星上的新世界的发现，以及月亮上的两地之间的旅行将变得像纽约和伦敦之间那样频繁。像我这样可怜的生物，会认为它们像阿廖斯托（Ariosto）的想法那样疯狂，但远没有阿廖斯托的想法有智慧，有教育意义。对这些现代的圣贤来说，他们也许知道，他们也许有希望及时地在这里找到他们丧失的理性。它们就保存在一些小瓶子里，和奥兰多（Orlando）的理性在一起。

所有这一切（输血、双底船、无话语沟通，甚至用唾液治疗的方法）都足够精确。这里表现出的知识是斯威夫特的知识，不是坦普尔的知识。

坦普尔的《辩护》（*Defence*）在1701年的出版没有激起沃顿做出回应，因为他的对手已死。此外，无论如何，他的文章都明显缺乏对新科学的长篇讨论。如果有，单单它就足以支撑文章的论点。但是，对嘲讽地提及他本人工作的斯威夫特的《书的战争》，他却没有如此淡定。这也许主要是因为，他当时已经怀疑斯威夫特也许不像最初表现的那样，而是在《辩护》中发挥了更大作用。于是，他于1705年出版了《辩护》（*Defense*），其中包括对斯威夫特的《一只桶的故事》

（*Tale of a Tub*，是和《书的战争》一起出版的）猛烈攻击。《一只桶的故事》是一篇寓言，他将其解释成了对基督教核心信条的攻击。

塔普尔出身贵族，对沃顿几乎不掩蔑视。就连背景的确一般的斯威夫特，也把沃顿当作家系不明的人而不予考虑。假如坦普尔想到，他之所以将来会被记住，主要是因为它他曾经一度是斯威夫特的雇主，他会感到吃惊。假如坦普尔想到，他和沃顿之所以会被记住，只是因为他们给斯威夫特的《书的战争》提供了机会，他也会感到吃惊。[注]这是因为，与坦普尔相比，沃顿被遗忘的程度甚至更深。现在没有人读他关于巴别塔、犹太法律专家、法利赛人的学术研究。但是，与塔普尔不同的是，他值得被更好地记住。他对科学革命有良好的把握。说真的，他是第一个纵览这一领域的人。他认为，他必须描述古代科学和现代科学之间的差异，必须分析印刷机、望远镜、显微镜对新科学做出的贡献，必须描述一种新的批判态度怎样与一种更好的信息传播结合，才使得事实和理论更为可靠。[注]他对血液循环思想历史背景的考察是作为一种学术事业的科学史的开端。人们过去认为，他的判断显然存在缺陷，因为他没有提及哥白尼。现在第谷·布拉赫已经开始被视为新天文学的奠基人，这一点过失显得小了。[注]1001是沃顿第一个明确表达了皇家学会的创建标志着现代科学的真正开端的观点，因为他认为16世纪的成就主要是有害的（“移走垃圾是一个时代的工作”），而只是在最近四五十年里，“新哲学才在这个世界上获得了一席之地”。

在其最后的总结中，沃顿说，如今——

在当代著名哲学家中，没有什么观点被当作令人信服而得到接受，没有什么原理被当作公认的而得到许可，但其自身可理解的东西……物质和运动，以及它们的多个特性，只是在物理问题的现代解答中被考虑。众多形式、神秘的特性、有目的的种类、气质、事物的

感应和排斥，被破除了……因为它们只是空洞的声音，是没有人能够对它们形成一种确定、坚决的思想的词语。

哲学派别的形成……在某种意义上完全被抛弃了。与亚里士多德相比，笛卡儿自己的话语并不更被相信，事实事项是位于被诉诸的东西……

数学被与哲学［即自然哲学］结合在了一起，不仅是作为对人的理解力的帮助，和他们的肢体的延伸，而且也是作为对理解自然在其全部作品中的安排绝对必要的东西。

新哲学家（就像他们通常的称谓那样）避免做出普遍的结论，知道他们搜集了关于手头的事物的大量实验和观测；不仅如此，随着新情况的出现，旧的假说就会无声无息地消亡。

就这样，尽管沃顿没有使用科学革命这个词，但他对科学革命做了细致分析。印刷机和望远镜的发明使科学革命成为可能。它依赖数学和机械哲学，依赖一种新的方法和事实事项的确立。新科学与以前的任何东西都不同。这既是因为它以实验和观测为基础，而非空洞的理论化，也是因为它承认科学理解会随着时间而不断变化。到1694年，牛顿的《原理》已经出版，沃顿对其重要性已经有所把握。到1705年，沃顿得以把牛顿的《光学》呈现为新科学的范本。当时已经有可能回顾科学革命，确定其主要倡导者，概述其主要特征。目前这本书完全处于我的同姓人威廉·沃顿所确立的一种传统之中。

上一段最后一句也许显得奇怪，但其实并不奇怪，因为到了1700年，一种科学概念已经得到发展，从那时起大体上没有改变；此外，伴着它，出现了一种基本可靠的对在此前200年里变动不安的情况的描述。1650年，没有人确切知道怎样研究物理世界。到了1700年，一种思想已经被很好地确立起来，即对物理世界的研究完全与事实、实

验、证据、自然理论和法则有关。后来的科学革命已经改变了我们的知识，但它们没有熔化并重铸我们的科学思想。

4

然而，现代科学的思想也引发了一系列更深入的问题。在韦伯的“世界的祛魅”这一短语中，这些问题是联系在一起的。正如沃顿对斯威夫特的解释那样，批判现代人的斯威夫特是持怀疑态度的不信教者，而沃顿则把自己表现为一个正统的新教徒。对科学可能与无信仰相关，他没有显示出焦虑。读沃顿的著作，我们也许可以推断出哲学和基督教信仰之间没有冲突，但我们并不清楚它们之间的关系的性质，不清楚科学和一系列信仰之间的关系的性质。我们现在认为那些信仰与科学不兼容而对其加以摒弃，尤其是魔法和巫术。沃顿倒是触及了炼金术这个话题。他明确表达了自己的怀疑，不过他非常谨慎，也许是因为他知道玻意耳和牛顿是内行。坦普尔因而被赋予了一个机会，他可以借机攻击沃顿对炼金术士太过同情。如果你认为，现代科学的批判者坦普尔和斯威夫特生活在一个祛魅的世界，其倡导者沃顿反倒没有，那么你也许情有可原。

在科学和魔法的没落这一重要主题上，最近一代历史学家所做的工作徒劳无益，让人感到奇怪。从多方面看，基思·托马斯（Keith Thomas）的《宗教和魔法的没落》（*Religion and the Decline of Magic*，1971）仍然是关键文本。托马斯认为，魔法有双重基础。一方面，魔法代表着一种控制自然的尝试。在那些没有能力保护其成员免遭饥荒、火灾、疾病、痛苦或暴毙的社会里，魔法是不可避免的。因此，从原则上讲，对魔法的信仰应该随着技术（尤其是医学）的进步而衰落，随着保险政策和其他减少不可预知的灾难的方法的开始而衰落。照此看来，对魔法的信仰应该直到19世纪甚至更晚才衰落。［尼古拉斯·巴尔邦（Nicholas Barbon）的火灾办公室保险公司的确成立于

1680年，但从其服务中获益的人很少；与之相似的是，共济会等互助社团可以追溯至18世纪伊始，但它们在19世纪之前会员相对较少。]

其次，托马斯认为，一些人之所以被定为从事巫术或魔法，是因为社会矛盾，尤其与施舍的分配有关。照此看来，对魔法的信仰应该直到生活标准普遍改善才衰落，也许应该直到福利国家的发展才衰落。毫无疑问，在18世纪初的社会里，那些信仰和矛盾依然盛行。在《旁观者》（*Spectator*，1711）中，约瑟夫·艾迪生（Joseph Addison）坚持说，每个村庄都有人被相信是巫婆，这一信仰直接反映了社会矛盾：

如果一个老女人开始糊涂，并且成了一个教区的负担，那么她通常会被变成一个巫婆，使夸大的奇怪想法、想象的瘟疫、可怕的梦充斥整个乡间。与此同时，这个原本没有犯下诸多罪恶的人自己也开始害怕了，有时候会供认做了一些秘密交易，而这些交易不过出自她昏聩的暮年的想象。这往往使最该受到怜悯的人得不到施舍，促使人们对我们人类中那些可怜的老人怀有恶意。在老人中，人性被虚弱和昏聩损坏了。

然而，18世纪初，在受过教育的精英中，对巫术的信仰显然迅速减弱了。艾迪生自称在这一主题上保持中立。他原则上相信巫术，但不相信任何特殊的对巫术的指控的正当性。简·韦纳姆（Jane Wenham）于1712年被判行巫术罪，但被赦免、释放，就恰当地反映了这一矛盾心理。然而，她不是最后一个面对死刑指控的人。1716年，玛丽·希克斯（Mary Hickes）和她9岁的女儿被指控掀起风暴，并遭到处决。不过，反巫术法律于1736年被废除。多少令人意外的是，那个时代的人（其中包括艾迪生）坚持认为，在新出现的对巫术指控的怀疑上，神职人员冲在最前面。

就这一困惑来说，也许存在一个直接解答。关于巫术信仰在19世纪初的衰落，也许没有技术或社会学的解释，但有一种现成的替代解

释。新科学肯定起了主要作用。托马斯通常避免唯智论解释，求助于这一点。他已经因此受到批评，理由是这其实根本不是一种解释，因此新科学和对巫术的怀疑只不过代表着一枚硬币的两面。我觉得这一批评站不住脚。不妨想想涨潮的河中的船只，低潮时它们被陷在了淤泥里。你肯定可以用潮水来解释船只的升高，即使船只的升高自身是潮水正在上涨的最佳证据。

然而，如果新科学起了主要作用，其机制远非那么直接。在皇家学会于1660年成立的那些年里，对一群重要的带头成员来说，尤其是对玻意耳来说，有一点非常重要，即确保新哲学对基督教友善，而非仇视它。这是被指派给斯普拉特所谓的《皇家学会史》（它仅在协会成立七年后就面世了。斯普拉特当时是一名神职人员，后来还成了主教。此外，他是在威尔金斯的监督下著述的。在《皇家学会史》面世一年后，威尔金斯就被晋升为主教）的核心任务之一，正如它是格兰维尔的《哲学的净化》（*Philosophia pia*，1671。尽管书名是拉丁语，但书却是用英语写的）和玻意耳的《基督教大师》（1690）的关键目标那样。理解个中原因并不困难。正如我们已经看到的那样，“微粒哲学”（就像玻意耳称呼的那样）是以伊壁鸠鲁和卢克莱修的学说为基础的，而他们反对一切宗教。托马斯·霍布斯尽管不是无神论者，但发展了一种唯物主义的、伊壁鸠鲁式的哲学，而它被普遍理解为仇视宗教。尽管在印刷文字中没有表达，反宗教思想显然在伦敦的咖啡厅（在1660年复辟之后，它们在数量上迅速增加）广为流传。即使在皇家学会会员中，也肯定有不信教的人。据说，哈雷“将不会那么假装相信基督教了”。正是出于这个原因，他于1691年被拒绝担任牛津的天文学教学职务。作为一种结果，当他看到尼古拉斯·桑德森（Nicholas Saunderson）虽有不信教的名声［后来，在狄德罗的《关于盲人的信》（*Letter on the Blind*）中，他成了盲目的无神论者的原型］，却无碍于在1710年获得剑桥卢卡斯数学教授职位，他多少有些气恼。

不仅如此，自大学在12世纪成立以来，基督教神学是在亚里士多德哲学确立的一个框架内被讲授的。对亚里士多德自然哲学的捍卫者来说，他们自然会指控新哲学有悖于好的神学以及好的哲学。这样一来，皇家学会的成员就不得不认为，新哲学应该显示它赞同基督教信仰，这在策略上很重要。但是，当然，对他们中的很多人来说，这不仅仅是个算计问题。玻意耳是一个非常虔诚的人，给各种宗教理由捐款，并以他的遗嘱设立了玻意耳不信教者转化讲座。他对新科学和基督教信仰的兼容性的坚持表现了他最深的信念。

在皇家学会创建前几年里，两套关于基督教信仰的新论证被提了出来。其一，是笛卡儿的论证。他认为，精神必然是非物质的，理性的存在因而必然拥有一种不朽的灵魂，我们对上帝作为一种超越于我们自身的存在的知识必然来自我们之外。在其他方面，笛卡儿学说则与传统的信仰不自在地坐在一起，因为笛卡儿打算想象一个一旦自然的基本法则得到确立就完全没有计划的宇宙。此外，各种反宗教的论证被从笛卡儿学说中发展了出来，尤其是斯宾诺莎（Spinoza）的论证。但是，在笛卡儿哲学的核心，却有这套支持信仰的论证。其二，有来自设计的论证。通过把宇宙描述得像一个钟表（可参见第十二章），机械哲学家就能够辩称，除非作为一个全能钟表匠的创造，否则宇宙就是不可理解的。玻意耳尤为重视这一论证，它与伊壁鸠鲁和卢克莱修的观点相悖。他们坚持认为，宇宙是一种偶然偏离的结果，这种偏离使两个原子发生接触，激发了连锁反应。

这两种论证都基本上是新的。在传统医学中，“精灵精神”在体内起作用。我们会把这一作用归于沿着神经传播的电脉冲。我们也许会说，这些精神几乎不是物质的。此外，在神学中，天使和魔鬼占据着空间，即使它们在传统意义上没有身体。因此，精神世界是一个介于物质和非物质之间的模糊区域。约翰·韦伯斯特在1677年是这样描述它的：

就像我们不了解身体的内在性质那样，我们因此也不知道精神性和纯洁性究竟有多高。我们不知道它们终于何处，因此也不能分辨在哪里确定一种纯粹精神的、非物质的存在的开端。由于宇宙中存在被创造的物体，且多种多样，纯洁性和纯度种类繁多、程度不同，一个超越另一个，我们无法断定它们中哪一个最近于无形或精神的性质……因此人的身体内最重要的部分被医生称作精神，与骨头、韧带、肌肉等有关……然而依旧被包含在身体的极限之内，真的像其他部分那样是物质的。空气和以太也是如此。其他种类的可见物体被带到了空气中，呈现到了我们眼前。通过它们，我们区别了各个物体的形状、色彩、位置和相似性。尽管经由学校被转交了巧妙的特性名称，但仿佛它们要么真的什么也不是，要么是非物质的东西，虽然它们的确是物质的……所以如果我们拥有如此纯洁的身体，近于达到精神的性质，也不能分辨精神必然从哪里开始，因为我们不知道最纯洁的身体终于何处。

笛卡儿学说对物质和非物质做了明确区分，致使天使和魔鬼如何在世界上存在变得不明朗起来。早在笛卡儿之前，雷金纳德·司各特就断定，物质世界中没有非物质存在的容身之地（除了精神）。但是，韦伯斯特自认为是笛卡儿的追随者，快乐地主张天使和魔鬼是物质实体，能够被人看见，能够沟通，但就像空气那样，过于精神而不能被触摸或握住。就连人类也不仅拥有非物质的精神，还拥有对物质敏感的灵魂，在死后能够拥有一种物质存在。此外，约翰·洛克给了笛卡儿提出的非物质的精神的观点沉重一击。在其《人类理解论》中，洛克承认，思考的物质的思想在逻辑上没有可能。因此，与刚开始显现出来的情况相比，笛卡儿在精神和物质之间做的区分变得没那么犀利和具有决定性了。

至于源自设计的论证，它与传统的托马斯主义的论证有根本的区别。托马斯主义坚持宇宙被注入了目的，最终的目的将在上帝身上被找到。新哲学家把物质视为一种神的塑造的被动接受者，否认亚里士

多德的形式的存在。对他们来说，正如我们在第九章中看到的那样，源自设计的论证有赖于把宇宙想象成被制造的，而非依赖证明自然本身是有目的的。这一论证比精神/物质区分要牢固得多，只是在休谟于死后出版的《关于自然宗教的对话》中才遭到了系统攻击。这两种论证因此都有赖于对机械论或微粒哲学的先期接受。按照这一哲学，物质是被动的，总是从外部发挥作用。

除了它们，在1653—1691年，第三种论证发展了起来。这一论证以“事实事项”为基础。这种思想很简单，即基督教依赖对一种超出物质世界的精灵世界的信仰。否认精灵以天使和魔鬼的形式的存在是迈向否认不朽灵魂的存在的关键一步，证明精灵的存在将证明精灵世界的现实性。尽管精灵的存在的问题引发了争议，但那种假设却是，上帝的存在处于风险之中。正如格兰维尔所说的那样，“那些人不敢明说没有上帝，使他们自己（为了公平起见，和序言）满足于否认精灵或巫婆的存在”。这一把对把信仰置于无可争辩的事实事项之中的强调并非新教世界特有，其起源早于新的事实语言确立其自身的时间。在罗马，“*advocatus diaboli*”（魔鬼的提倡者）早在1587年就被确立了，为的是验证一些证据，这些证据是为了支持那些被提议追封为“圣”的人被声称行过的奇迹而被列举的。

这种反驳不信教的新策略始于亨利·莫里的《反对无神论的对策》（*Antidote against Atheism*，1653），它对巫术案例进行了详细的研究。莫里的弟子格兰维尔成了它的主要倡导者。格兰维尔使一些案例远近驰名，尤其是“泰迪沃斯的鼓手”。玻意耳安排把《马森可的魔鬼》（*The Devil of Mascon*，1658）从法语翻译过来，梅里克·卡索邦（Méric Casaubon）出版了约翰·迪和天使的对话（或者就像卡索邦会说的那样，和魔鬼的对话，1659），对这一文献做出了贡献。玻意耳还对预见力现象进行了详细研究。有人也许会把这描述为通灵学的开端。在这一传统中，理查德·巴克斯特（Richard Baxter）的《精灵世界

的确定性》（*The Certainty of the World of Spirits*，1691）是最后出版的一部重要著作。

Saducismus Triumphatus.















约瑟夫·格兰维尔的《被战胜的撒督该派》（1681）第二部分的卷头插画。从左上开始，按照顺时针顺序，下面的图画依次表现的是泰迪沃斯的鼓手（见449—450页）、萨默赛特巫婆朱利安·考克斯（Julian Cox）、特里斯特门边巫婆的集会地点、阿姆斯特丹的空中幽灵、苏格兰巫婆玛格丽特·杰克逊（Margaret Jackson）、理查德·琼斯（Richard Jones）在谢普顿—马利特的悬浮。

这是一种通过积累可靠的证人的证言来确立精灵世界的存在的策略，但它有一个简单的问题。它假定，那种在实验室实验报告中令人信服的证据，或那种在处理谋杀或盗窃案时令人信服的证据，在应对魔鬼附体或悬浮的案件时也能够是令人信服的。格兰维尔的主要对手约翰·韦伯斯特也持有这种观点。说真的，他们使用“证据”这个词的频率很惊人（考虑到我们很少在玻意耳的文本中发现“证据”这个词），韦伯斯特的文本使用了32次，1681年版的格兰维尔文本中使用了66次。韦伯斯特想否认关于和魔鬼订立契约、和魔鬼交媾、供人役使的精灵（比如黑猫，它们舔巫婆皮肤上的隆起部分）、在空中飞行或被变成狼、兔子的巫婆的证据。他把可靠的证据界定为法庭上的证据，如不止一个证人，证人必须精神健全且不偏袒、无偏见。依据这些标准，他接受了关于幽灵、被谋杀的尸体在谋杀者在场的情况下流血的证据、炼金术的证据等等。于是，格兰维尔和韦伯斯特之间的辩论不是关于魔鬼的真实性，而是关于它们的行为在世界上的局限。韦伯斯特相信很多在我们看来荒诞的东西，而在玻意耳和格兰维尔的眼里，他依靠的证据并不比关于巫术的证据更可靠。

然而，《皇家港口的逻辑》已经认识到，一个事件越不可能，支持它的证据就必须越强，以便确保证据虚假的概率比事件未发生的概率低。这显然给奇迹的证据提出了一个问题，不过这一问题迅速被《皇家港口的逻辑》和洛克掩盖了。说真的，也许正是出于这一原因，这一论证被采纳的速度缓慢。但是，在18世纪初，这一出自概率的论证被采用了，产生了毁灭性的结果。它居于弗朗西斯·哈钦森

（Francis Hutchinson）的《关于巫术的历史随笔》（*Historical Essay Concerning Witchcraft*，1718；不过，哈钦森小心地肯定了他对天使的信仰。他后来成了主教）的核心。1722年，在《加图书信》（*Cato's Letters*）中，特伦查德（Trenchard）和戈登（Gordon）采纳了它。在著名的玛丽·托夫特（Mary Toft）案件产生的一个小册子中，它被排上了用场。1726年，她自称生过17只兔子：

假设一个人看到了一封来自巴特西的信，这封信向一个女人表明收到了5根黄瓜。或者，假设他看到了100封信，这些信将会让一个通情达理的人去相信任何东西，除了写信的人显然已经施加给它们自身的东西，或意在施加给他的东西。这两种情况每天都会发生，也的确每天都发生。但是，人们从来没有听说过，曾经有生物生了各方面与它本身都不同的一个物种的生物，更不要说5个或17个这样的生物了。因此，就连一个有常识的人也应该以最大的轻蔑看所有这些信，更遑论一个目光敏锐、犀利的解剖学家了。

在《人类理解研究》（*An Enquiry Concerning Human Understanding*，1748）的"论奇迹"（"Of Miracles"）中，它成了大卫·休谟的观点，只是形式更为复杂。

基督教会不能放弃它们对奇迹和天使的信仰，但基督徒肯定可以从坚持巫术、魔鬼附体、吵闹鬼、悬浮和预见力的真实性的立场上退却。实际上，尽管神职人员曾经是倡导精灵信仰大军的先锋，但他们也参与了对这场退却的领导。到了1712年简·韦纳姆被审判时，这场退却方兴未艾。使这场退却成为可能的，是一种新的、强有力的关于宗教信仰的论证的发展。

5

1687年，牛顿出版了《原理》，确立了引力理论。引力涉及超距作用。按照机械哲学，这是不可能的。欧洲大陆对牛顿学说的抵制持

续到了18世纪40年代，牵涉一些重要的知识人物，如惠更斯、莱布尼茨和丰特内勒。在英国，《原理》的重要性也只是慢慢才得以确立，而这仅仅是因为它技术性太强了。据说，在它首次出版和牛顿于1727年去世之间的那段时间里，只有10个人能正确理解它。

牛顿理论的普及在1692年迎来了关键时刻，当时理查德·本特利开始了第一期玻意耳讲座。本特利是他所处的时代最伟大的古典学者，但他后来也成了皇家学会的会员。他参加了古人对现代人的战斗，站在他的朋友沃顿一边，为沃顿的《沉思录》（*Reflectionsa*）第二版提供了长篇论证，证明被塔普尔誉为古典文献一颗明珠的法拉里斯书信是后来的伪书。他刚开始并没有从事神职工作，但于1690年就被任命为执事，后来又被任命为牧师。在准备讲座时，他给牛顿写了一封信。牛顿回复道："在我写关于我们的体系的专著时，我留意了这些原则，觉得它们也许可以用来考虑人们对神的信仰。我发现它对这一目的有用，感到无比快乐。"

本特利的8篇讲稿以《从宗教生活的好处和愉悦、人的灵魂的能力、有生命的物体的结构、世界的起源和框架得到证明的无神论的愚蠢与不合理性》（*The Folly and Unreasonableness of Atheism Demonstrated from the Advantage and Pleasure of a Religious Life,the Faculties of Human Souls,the Structure of Animate Bodies&the Origin and Frame of the World*，1693）为书名出版。第一篇处理宗教的社会和心理益处，第二篇处理笛卡儿反对思考的物质的观点，第三、四、五篇处理人体的设计，最后三篇处理牛顿对宇宙的描述。本特利追随牛顿，做了一个简单的证明。他说，引力要求上帝不断"通告并驱使"宇宙，是"上帝直接的命令和手指，和神圣法律的执行……只要得到证实，它马上就能削弱并摧毁无神论者竖立起的直达天庭的高塔和炮台"。这是"一种新的、无敌的对上帝之存在的论证"。不仅如此，我们的太阳系不可能是因为偶然而开始存在的，而是要求对其成分的有意

组织，以便创造一个稳定的体系。由此可以证明，一位仁慈的神不仅创造了宇宙，也创造了人类。

在1692年之后的那些年里，正是这些新的论证使科学家的文化和神学家的文化都发生了深刻变化。源自精灵世界的旧论证被抛弃了（在所有于18世纪出版的玻意耳讲座中，我只发现了一次一带而过的对巫术的提及），一种新的、理性化的（正如我们将要看到的那样）神学填补了它们的位置。本特利提出的牛顿的基督教不仅被（即使不明确，也含蓄地）呈现为魔鬼活动信仰的替代选项，也被呈现为笛卡儿学派过分理性主义的替代选项。本特利在这里的攻击的目标是托马斯·伯内特。在其《神圣的地球理论》（拉丁语版本，1681—1689；英语版本，1684—1690）中，伯内特曾寻求给大洪水做出科学解释。

正如我们已经看到的那样，亚里士多德派哲学家认为水球体比地球体大10倍。因此，对他们来说，难点不在于为什么水会在大洪水发生时覆盖了陆地，而在于为什么水不能持续这样。一旦水球体和地球体合二为一，那么显而易见的是，没有足够的水来覆盖球体的整个表面。此外，笛卡儿派坚持宇宙是一个充满物质的空间，是充实的。因此，如果上帝临时选择创造更多的水，那么他同时就会摧毁目前占据着他打算放置水的空间的物质。伯内特发现这令人难以置信。作为替代，他假设地球一度是一个十分光滑的壳，完全包围了水；一场危机导致壳破碎，它的较大部分随之沉到了波涛之下，从而创造了我们现在所知的地球。伯内特的论证引发了普遍的恐慌。正如赫里福德主教赫伯特·克罗夫特（Herbert Croft）所说的那样：“我担心，这种从自然原因把一切哲学化的方式将会引发整个世界的嘲笑。”本特利借鉴了诸如约翰·雷（John Ray）的《在其创造工作中得到展示的神的智慧》（*The Wisdom of God Manifested in His Works of Creation*，1691）等著作，坚持认为地球从被创造起就有海洋和港口，为的是服务于人类。其结果是，大洪水必须被视为一种真正的奇迹，而不仅仅是一个碰巧与人类过度的堕落相连的自然事件。

因此，从某种角度看，本特利的观点是传统基督教教义的重申，比威廉·惠斯顿的《一种新的地球理论》（*A New Theory of the Earth*，1696）要保守得多。他发展了牛顿对宇宙的解释，主张大洪水是一颗彗星近距离通过造成的结果。但是，在关于魔鬼和巫婆的论证中，本特利站在激进派一方。在他后来对18世纪初伟大的反宗教文本之一的攻击上，这一点显而易见。他攻击的文本是安东尼·柯林斯（Anthony Collins）的《论自由思想》（*Discourse of Freethinking*，1713）。在其以笔名“爱自由者”（Phileleutherus）出版的《对近期出版的〈论自由思想〉的评论》（*Remarks upon a Late Discourse of Freethinking*，1713）中，本特利明确表示，他不比柯林斯更相信巫术，以赞许的口吻提到了巴尔萨泽·贝克（Balthasar Bekker）的《被施以魔法的世界》（*The Enchanted World*，1691）。《被施以魔法的世界》攻击了巫术和魔鬼附体信仰，最初在荷兰出版，产生了广泛影响。本特利还提到了塞缪尔·哈斯内特（Samuel Harsnett）的一部著作，也许是于1605年出版的《对天主教惊人的欺诈行为的揭发》（*Declaration of Egregious Popish Impostures*）。哈斯内特深受雷金纳德·司各特的影响，已经着手证明所谓的魔鬼附体案例实际上是蓄意的欺诈。就像他选择的笔名所揭示的那样，本特利准备至少在涉及巫术时本着共同基础联合自由思想家，同时捍卫国教。

本特利为现有目的而撰写的《评论》的最重要意义，见于他对巫术信仰的衰落提供的解释中：

在宗教改革之前的黑暗时代，任何伴着奇怪的症状、奇怪的胡言乱语和痉挛、荒唐的胡吃海塞和排泄的罕见疾病都出自对被归于恶魔的自然力的无知。这不是因为他们是天主教徒，而是因为他们没有文化。这一迷信很普遍，从茅舍到宫廷。它不是教士运用权谋灌输的，而是深植于人性之中。没有哪个民族能够幸免。我们的创造者新泽西乐园也是如此，那里尚没有牧师踏足。如果下一个时代变得没有学识，那么我不会说那种迷信会重返，而是会说它重新出现。那么，在

英国，是什么减少了你们的巫术故事呢？不是那个正在壮大的［自由思想家］派别，而是哲学和医学的发展。不要感谢无神论者，而要感谢皇家学会和医师学院，感谢玻意耳和牛顿的学说，感谢西德纳姆（Sydenham）和拉特克利夫（Ratcliff）的学说。当人们看到，他们曾归罪于巫术的疾病被一种医疗过程完全治愈了，他们也就被治愈了他们以前的错误。他们通过事实知道了真相，而非通过一种虚假的先验立场，即既没有巫婆和魔鬼，也没有上帝。

要注意，本特利是小心翼翼地表述他的观点的。系统地否认巫术、魔鬼、上帝信仰的是无神论者的虚假立场，对那种认为巫术导致疾病的迷信的拒绝是哲学家的正确立场。无神论者主张“先验”。哲学家主张“通过事实”，换句话说就是通过经验。本特利的确不认为玻意耳、牛顿、西德纳姆、拉特克利夫直接攻击巫术信仰，他可能知道玻意耳完全支持这种信仰。他想表达的意思倒不如说是，无论它们的意图是什么，新科学都削弱了那种荒唐的信仰。斯普拉特曾把对证据的新态度称赞为“这一爱刨根问底、谨小慎微、不肯轻信的脾气”，他激发了对奇迹、天意和巫术的普遍怀疑。由于上帝逐渐被假定为通过他的“已知的、持续不变的法则”发挥作用，而非通过奇迹，于是魔鬼也被认为通过普通的罪恶诱惑运作，而非通过非凡的附体、符咒方式。本特利因而成了托马斯论题的倡导者。这一论题是，得到改善的应对疾病的技术，加上更好的科学知识，削弱了对魔法和巫术的信仰。他在一边放置了学问，在另一边放置了迷信。（当然，当时并没有得到改善的治疗疾病的技术，但本特利显然认为医学正在飞跃，即使这一认识现在似乎是不正确的。）

在假定科学进步摧毁了迷信上，他并非孤家寡人。实际上，传统信仰的腐蚀已经为时不短。首先遭到攻击的是对精灵和妖怪的信仰（按照雷金纳德·司各特的观点，到了16世纪80年代，在受过教育的人群中，这种信仰已经基本消失），然后是感应学说。接着是对预兆的信仰。所谓预兆包括云的奇怪形状、双日和三日、彗星、怪胎。就像

在古罗马那样，它们被认为预告了灾难。在于1663年出版的《论预兆》（*A Discourse Concerning Prodigies*）中，约翰·斯宾塞（John Spencer）已经主张，自然哲学是治疗迷信的适当疗法：

把精神的一种力量和存在赋予人，是一切知识的特性，尤其是哲学。这将确保我们免遭无神论的石块的攻击，因为它引领我们进入了对某种第一因的关注，进入了第二因真的逐渐上升并最终消除的境地。因此，就像上述情况那样，它也将确保我们摆脱迷信的暗礁，因为它让我们熟悉了第二因。由于就那些我们不了解其原因和特性的事物来说，幻想容易暗示非常怪诞、迷信的观念，但在知识迫近的光线面前，一切都将云开雾散（就像黄昏的暗影那样）。哲学引领我们（就像人引领马）靠近我们从其开始的事物，让我们清晰而彻底地看到以前让我们惊恐的东西，从而使我们对以前的恐惧的愚蠢和软弱感到羞愧。

对预兆的攻击是一项旨在削弱"宗教狂热"（尤其是对圣灵直接启示的影响）、更大的后复辟计划的一部分，因为坚信宗教狂热只可能导致内部冲突。于是，斯普拉特曾试图强调新科学具有节制那些相信天意和奇迹的人的"荒唐言行"的倾向：

让我们接下来设想我们的科学家拥有全部的信仰迟钝、检验严格，而这曾经被一些人误称作精神的盲目和心灵的冷酷。让我们假设他最不愿意承认任何超越自然力的东西，除非有充分的证据说服他。让我们假设，对于任何奇迹事件的喧嚣，他总是保持警觉，做好了防卫的准备，唯恐他的判断遭到伪装的信仰的袭击。

在斯普拉特那里，宗教狂热通过制作虚假的神在世界中实施干预的主张，只是给不信教提供了抵押品。有必要把信仰减少为一套核心信条，以便使它可以被辩护。

取代了易上当的虔诚的核心价值是优雅。在17世纪末和18世纪初，作家们非常痴迷于优雅。当斯宾塞像下面这样重新描述基督教教义时，他已经反映了这一新的关注点：

但是，就现在那些讨论、寻找神学的任何激烈的表达（就像《旧约》中所发生的那样）的人来说，他们误解了我们的造物主的表象现在将我们置于其下的那种秩序的趋势和情况。在那方面，万物都将以一种更为沉着、冷静、沉默的方式被管理。这种方式适合并且能够表现我们的造物主（他不会让他的声音在街上被听见）在世界中发现的那种趋势，适合一种被创造出来并被牢固、平静的论证和在静谧中被听见的智慧话语处理的理性存在的状况。福音书的秘密以被包裹在沉着、可辨识的话语形式出现。人的精神将不会被神的权势和正义的任何如此激烈和巨大的范例吸引到意乱神迷的状态，以为它们和世界较低、更为被奴役的状态相似。我们的拯救者制造的奇迹具有一种平静、温和的性质（使盲人复明，使病人和瘸子恢复，并非像撒母耳那样引发雷声和风暴，而是平息它们）。

我们也很容易认为，巫术属于一种原始的体制，与这个沉着、冷静、安静、理性的新时代格格不入。斯宾塞的论证当然是模糊的，也必须模糊。这在“世界较低、更为被奴役的状态”走向终结时是合理的。它真的是由于我们的拯救者的降生吗？或者，它是由于宗教改革，甚至由于复辟？

在1653—1692年，很多新哲学家都注意通过展示他们对天使和魔鬼的信仰，来主张他们的正统性，即使这些观点并不太符合那个沉着、优雅的世界。他们渴望占据那个世界的其他方面。在1692年后，牛顿学说为信仰提供了一种可行的替代论证。这一论证出自概率的平衡。它获得释放，首先反对巫术，接下来终于反对了奇迹［凭借米德尔顿（Middleton）于1747年出版的《自由调查》（*Free Enquiry*）和休谟于1748年出版的《随笔》］。为魔法和巫术信仰所做的论证基本上

被抛弃了。但是，随着时间推移，斯普拉特和本特利等人寻求在迷信和理性之间占据的中间地带逐渐被包围了，钟摆开始摆向另一侧。随着福音书奇迹开始遭到（至少暗中的）攻击，稍早时候被视为迷信的东西又变得值得尊重了。在《轻信、迷信和宗教狂热》（*Credulity,Superstition and Fanaticism*，1762）中，贺加斯（Hogarth）呈现了一个新世界，既嘲讽同时代的事件，又回顾了世纪初的情况，当时这样的观点最后一次被表达。在这个新世界中，玛丽·托夫特正在生兔子；格兰维尔的著作的一个副本和卫斯理的布道文堆在宗教狂热温度计的下面，温度计的顶端站着泰迪沃斯的鼓手。一个怀疑的时代正在给一种新的宗傲狂热让路。

6

因此，简单地说，本特利是对的。新科学的确削弱了魔法和巫术信仰，正如它削弱了占星术和炼金术信仰那样。但是，这一过程并非一帆风顺。在1653—1692年，巫术信仰和炼金术实践经常与新科学并肩前行。此外，即使新科学最终证明与它们不兼容，这对很多人来说，也不过是一个无意的结果，而非一种有意的结果。只是在1692年后，一种新的理性主义才开始稳居上风。不仅如此，当理性主义后来遭受了约翰·卫斯理（John Wesley）的持续攻击时，其结果不是它被击败了，而是第一次出现了两种文化，一方是科学的文化，另一方是信仰的文化。



贺加斯的《轻信、迷信和宗教狂热》（1762）。约12种巫术和迷信案例得到呈现。在它们中间，泰迪沃斯的鼓手站在右侧温度计的顶端（温度计自身放在格兰维尔的著作的一个副本

上），而玛丽·托夫特正在前景中分娩兔子。

关于沃顿和本特利，值得注意的是，他们同时既是神学家，也是新科学的提倡者。在《书的战争》中嘲笑了他们的斯威夫特是一位神职人员，和他们一样了解科学。在英国，科学家和神职人员仍然处在一种共同的文化之中。在信还是不信魔法和巫术上，他们之间没有区别。作为神职人员而对科学感兴趣，沃顿和本特利在牛顿学说的早期支持者中是典型代表。牛顿派的很多领导人是神职人员，如第一位皇家天文学家约翰·弗拉姆斯蒂德，玻意耳理论讲师和牛顿的反莱布尼茨斗士塞缪尔·克拉克（Samuel Clarke），牛津萨维尔天文学教授和皇家天文学家詹姆斯·布拉德利（James Bradley），《物理—神学》（*Physico-Theology*，1713，出版的原文版和译文版不计其数）的作者威廉·德勒姆（William Derham），继牛顿担任剑桥卢卡锡数学教授的威廉·惠斯顿等。不信教者很多，他们对古典学问的兴趣大于对同时代的科学的兴趣。他们出版书名很长的著作，如查尔斯·布朗特（Charles Blount）于1680年出版的《最初两部权威哲学之书，关于阿波罗尼奥斯·泰纳乌斯的生平（原文为希腊语，现在以英语出版），附以每章的文献学注释》（*The Two First Books of Philostratus,Concerning the Life of Apollonius Tyaneus:Written Originally in Greek,and now Published in English:Together with Philological Notes upon each Chapter*）。本特利对科林斯的攻击主要集中在西塞罗著作中一段文字的阐释所引发的一场争议上。19世纪的战线仍有待划清。

要想创造和重新创造把神职人员、数学家、仪器制作者和贵族［例如，查杜斯公爵詹姆斯·布里奇斯（James Brydges），第二代马格斯菲特伯爵乔治·帕克（George Parker）］联系在一起的共同文化，就需要持续的努力。我们可以区分这一事业的四种成分。其一，在大学里有讲授牛顿学说的必要。第一部物理学方面的牛顿学说教科书是约翰·基尔（John Keill）的《真正的物理学的介绍》（*Introductio ad veram physicam*，1701），它与雷诺的《物理学》（*Physica*，1697）

的塞缪尔·克拉克改编本展开了竞争。随着一版再版，在改编本中，雷诺的笛卡儿学说逐渐被克拉克的牛顿评注淹没了。牛顿本人的著作被威廉的赫拉弗桑德（Willem’s Gravesande）简化了，首先在英语中（1720年），然后在拉丁语中（1723年）。在其《艾萨克·牛顿爵士的哲学的概览》（*A View of Sir Isaac Newton’s Philosophy*，1728）中，约翰·彭伯顿（John Pemberton）甚至进一步简化了牛顿的著作。其二，面对其批评者，牛顿的基督教必须得到捍卫。这方面的著作有詹姆斯·朱林（James Jurin）的《几何学与不信基督教无缘》（*Geometry No Friend to Infidelity*，1734）。接下来，牛顿学说必须被制作得通俗易懂。惠斯顿的《新理论》（*New Theory*，1696）第一个通俗解释了《原理》的观点，尼赫迈亚·格鲁（Nehemiah Grew）的《神圣的宇宙学》（*Cosmologia sacra*，1701）、爱德华·韦尔斯（Edward Wells）的《青年绅士的天文学》（*The Young Gentleman’s Astronomy*，1718）、约翰·哈里斯的《一位绅士和一位女士之间的天文学对话》（*Astronomical Dialogues between a Gentleman and a Lady*，1729）、伏尔泰的《艾萨克·牛顿爵士的哲学的要素》（*The Elements of Sir Isaac Newton’s Philosophy*，1738）、弗朗西斯科·阿尔加罗蒂（Francesco Algarotti）的《为女士使用而被解释的艾萨克·牛顿爵士的哲学》（*Sir Isaac Newton’s Philosophy Explain’d for the Use of the Ladies*，1739，以6种语言出版了30版）迅速跟进。

那种表面上对女性教育的痴迷部分源自对丰特内勒的《对话》的模仿（在法国，女人在沙龙文化中处于核心位置），部分是经由埃米莉·杜·夏特莱（Émilie du Châtelet）的示范。埃米莉是伏尔泰的伴侣，是一位称职的数学家，并且把《原理》翻译成了法语（1756）。一位哲学家和一位女士的对话是丰特内勒推广的一种形式，伏尔泰没有采用过。但即使如此，伏尔泰也喜欢想象一位学问高深的女人坐在梳妆台旁，读他的书。他肯定有一些这样的读者。伏尔泰与劳拉·巴锡（Laura Bassi）通信，而巴锡是第一个从博洛尼亚大学获得学位的女人（1732年），也是第一个在那里授课的女人。巴锡担任物理学教

师，自然会讲授牛顿的物理学。在英国，翻译丰特内勒著作的是剧作家阿芙拉·贝恩（Aphra Behn），翻译阿尔加罗蒂著作的是诗人伊丽莎白·卡特（Elizabeth Carter），因此女性读者绝非虚构。

随着时间推移，为了介绍牛顿学说而被发起的运动的这三种成分势头猛增。如果想简单衡量这一点，不妨计算一下牛顿的名字在其名称中出现的那些书籍的数量，其中巅峰时期显然是在1715—1745年。在其随笔《作家的自负》（*The Vanity of Authors*，1751）中，塞缪尔·约翰逊写道："每一种新的自然体系都诞生了一群解释者，他们的工作是解释并阐明它，他们存在的时间没指望比他们那一派的开创者保持其名望的时间更长。"他的这种说法等于认为一种崭新的事件状态是理所当然的。在丰特内勒的《关于世界多样性的对话》（1686）之前，还没有谁曾经把自然体系通俗化。牛顿学派的人接受、改造了笛卡儿派的技巧，为的是让一种极其深奥、复杂的知识体系可以为大众所接受。在这一过程中，他们不仅寻求保存一种为所有受过教育人共有的共同文化的思想，还想改造那种思想，使其适应一个廉价书、大众交流、近乎普遍识字的新时代。

这并非全部。传播实验哲学的最佳方式是让人们能够看到做实验。1698—1707年，约翰·哈里斯在伦敦讲公开课，讲授"机械哲学的原理"，还伴有实验。他很快就与詹姆斯·霍奇森（James Hodgson）、老弗朗西斯·霍克斯比（Francis Hauksbee the elder）、汉弗莱·迪顿（Humphrey Ditton）展开了竞争。1713年，威廉·惠斯顿（他已经于1710年因异端观点而被逐出了剑桥）开始在伦敦授课并演示。1月份，他从他的家里来授课，并且和老弗朗西斯·霍克斯比一起。在春季，他和小弗朗西斯·霍克斯比（老弗朗西斯·霍克斯比的侄子）一起在克雷恩法庭讲课、演示，在道格拉斯咖啡馆、水兵咖啡馆讲数学。最伟大的通俗讲师是约翰·西奥菲勒斯·德萨居利耶（John Theophilus Desaguliers，也是一个牛顿派神职人员，不过他几乎不关注他的神职责任，几乎没有显示出宗教虔诚的迹象），他于1713年春开始在伦敦

讲课和演示，于1717年出版了他的《物理—机械讲稿》（*Physico-Mechanical Lectures*）。到1734年，他已经开了121次讲座，不仅在伦敦，也在外省游历途中和低地国家。他可以夸口，在大约12个职业寻回讲课人中，有8个是他培养的。说真的，讲座涉及的地域很宽广，在纽卡斯尔、斯伯丁、斯卡伯勒和巴斯都有讲座。

我们很容易想象，由于其运作的知识水平，牛顿带来了一种新的科学职业化，使它成了一种圈子很小的活动，只有精英能够参与其中。但是，情况正好相反。从17世纪末以来，通过布道和讲座，通过通俗文本和戏剧对话，新科学被传播给了数量空前的受众。如果说它在世界的祛魅中扮演了一个角色的话，那么它之所以能如此，恰恰是因为它在受过教育的人中被反复灌输。在这些受过教育的人中，既有神职人员，也有普通信众；既有男性，也有女性。我们也许会认为，真正的历史之谜不是这种发生在18世纪的巫婆和魔鬼的信仰的丧失，而是19世纪那种进步的世界的重新魅化。

---

1. 第一个被记录在案的用法出现于卡西奥多鲁斯（Cassiodorus）的《制度》（Institutiones）中："antiquorum diligentissimus imitator, modernorum nobilissimus institutor"。

2. 根据谷歌搜索的一个结果，"modern"一词首次比"ancient"更常见是在1894年。

3. 可看前面，第36—37页。

4. 在在线早期英语书籍（见第26页，note xxiv）中，这三个短语在1600年之前出现了三次（第一次在1593年），在1600—1624年出现了49次，在1625—1649年出现了88次，在1650—1674年出现了179次，在1675—1699年出现了162次。巅峰年代是17世纪50年代。

5. 一些著作的题目中也有"modern"这个词，如 Bartholin，Walaeus & others，Bartholinus Anatomy：Made from the Precepts of His Father，and From the Observations of All Modern Anatomists（1662）；Dary，The General Doctrine of Equation Reduced into Brief Precepts：In III Chapters. Derived from the Works of the Best Modern Analysts（1664）；Salusbury（ed.），Mathematical Collections and Translations in Two Parts from the Original Copies of Galileus and Other Famous Modern Authors（1667）；Croll，Hartmann & others，Bazilica Chymica & Praxis Chymiatricae：or，Royal and Practical Chymistry in Three Treatises。Wherein All Those Excellent Medicines and Chymical

Preparations are Fully Discovered， from whence All Our Modern Chymists Have Drawn Their Choicest Remedies（1670）；Barbette，The Chirurgical and Anatomical Works . . . Composed according to the Doctrine of the Circulation of the Blood and Other New Inventions of the Moderns（1672）。

6. 坦普尔早就被记住了，而这是因为他未来的妻子多萝西·奥斯本（Dorothy Osborne）在他们漫长的求爱时期写给他的信。这些书信在1888—2002年出了很多版，时至今日依然有人在讲关于他们的关系的故事：Dunn，Read My Heart （2008）。

7. 可参看上文，第281—282页、第305页、第420—421页。

8. 那种谴责和功绩被归于沃顿都是不恰当的，因为他让哈雷为他撰写了关于天文学的那一章。当然，作为一个伟大的天文学家，哈雷不认为哥白尼值得一提，这令人颇感兴趣。

第十四章　知识就是力量

假如我认为它只能教会人谈论自然，而根本把握不了它，假如它只能起到以快乐的沉思愉悦他的理解力，而根本不可能增加他的力量，那么我就不会产生这样一个高得就像我现在为生理学所珍视的价值。

——罗伯特·玻意耳，《一些思考》

（*Some Considerations*，1663）

1

科学革命和工业革命之间、数学家的革命和机械革命之间是什么关系？本书开头提出的主张，即科学革命是新石器革命以来最重要的事件，有赖于我们对这个问题的回答。这是因为，如果科学革命仅仅是思想世界的一个事件，那么其重要性就相对有限；如果工业革命为一种新的对自然的控制开辟了道路，那么它只能够被视作科学革命的延伸，被视作新科学的过程、语言和文化向更广大的技师和工程师阶层的延伸。毋庸置疑，培根及其追随者渴望通过他们的新科学改造世界。在18世纪中叶，伯奇的《皇家学会史》（*History of the Royal Society*）用培根的一句话作为它的题词，即“按照我的理解，自然哲学不会滑入庄严、微妙的玄想，而是会被有效地用于减轻人的状况的不便”。成立于1666年的法国科学院的铭辞是“*naturae investigandae et perficiendis artibus*”（对自然的调查和对技术的改善）。1699年，它被改成了更为有力的“*invenit et perficit*”（通过发现取得的进步）。

我们现在很容易发现，第一批科学家的一些激情表达是天真的。以安布鲁瓦兹·萨鲁伊（Ambroise Sarrotti）为例，他曾经到英国陪伴他担任威尼斯大使（1675—1681）的父亲保罗（Paolo），回家后组织了一个从事真空实验的科学协会。注在第一年年末，他自豪地向他的同事宣布："如果自天地开辟以来所有人加在一起每年做的工作能够和你们自己在刚过去的一年做的工作一样多，那么他们现在在这个世界上的生活将会像在一个人间乐园中那样快乐。"其实，他们没有发现任何有用的东西。因此，如果发现并非所有人都相信新科学有实际功用，就没有什么可奇怪的。乔纳森·斯威夫特之所以写《格列佛游记》第三卷（1726），唯一的目的就是否认它。然而，他的攻击暗示着，当试图界定敌人的特性时，他犹豫了。拉普塔是一座空中岛屿，由科学家统治。他们非常痴迷于数学问题，以至于根本无法关注他们周围的世界。他们依靠拍击者的服务。拍击者用充气的膀胱击打他们的耳朵和嘴，以提醒他们该听了和该说了。但是，在下面他们统治的殖民地巴尔尼巴比，一个仿照拉普塔的学院已经被建立起来。在那里，科学家以最不实际的方式追求实际的目标，从黄瓜中制造阳光，从蜘蛛网中制造丝线。只有总督不赞成那些新发明。他对格列佛说：

他有一座磨坊，离他的家不到半英里，很方便，由来自一条大河的水流转动，足够他自己的家人以及他的大量访客之用。大约7年前，由那些设计者组成的一个俱乐部来找他，提出摧毁这座磨坊，在山边再建一座，沿着长长的山脊挖一条长长的水渠，用管道和机器把水库里的水引过来，供应磨坊。由于一个高坡上的风和空气搅动了水，从而使它更适合运转。此外，由于水是从一个斜坡上下来的，仅用一条河道高于一个水平的河流的水流，就可以转动磨坊。他说，当时他和宫廷不睦，加之很多朋友施压，于是他就按照那个提议做了。他雇用了100人干了两年，结果工程失败了，设计者走了，把耻辱完全留给了他自己，从此使他备受埋怨。他们还让其他人做了同样的实验。他们做出了同样的成功保证，但结果同样令人失望。

斯威夫特没有说采用了哪种“机器”，但他肯定想到了第一批蒸汽机，因为当时它们主要用于提升水。因此，按照斯威夫特的描述，新科学既完全不实用，同时又痴迷于实用性。这并非一种不可能的结合。实际上，它似乎相当准确地描述了萨鲁伊的作为。但是，它肯定是一种令人困惑的结合。

就新科学和技术进步的关系来说，与斯威夫特的理解相比，科学史家并没有把我们的理解推进多远。马克思主义历史学家自然试图主张新科学是新的社会关系的结果。正如俄罗斯人鲍里斯·赫森（Boris Hessen，于1936年被处决，是斯大林的大清洗的早期牺牲品）在1931年所说的那样：“一步一步地，科学和资产阶级一起兴旺起来。为了发展其工业，资产阶级需要一种能够研究物质实体的特性和自然力的展示的科学。”但是，马克思主义者并不是唯一假定新科学由其可能的实际应用推动的人。在其于1938年出版的经典研究《17世纪英国的科学、技术和社会》（*Science,Technology and Society in Seventeenth-century England*）中，罗伯特·莫顿强调了清教主义在鼓励有用的知识中发挥的作用，追随赫森强调17世纪的科学的确完全意在拥有实际应用。当然，他拒绝了赫森的马克思主义假定。

然而，一系列研究（阿尔弗雷德·鲁珀特·霍尔的研究影响尤著）已经声称证明，无论科学家的意图是什么，新科学实际上都基本没有对技术进步产生影响。瓦特的蒸汽机（1765）提供了一个关键的案例研究。瓦特在格拉斯哥研发了他的新机器，而约瑟夫·布莱克（Joseph Black）曾在那里提出了潜热的概念（约1750）。布莱克后来与瓦特合作，并投资于他的新机器。在设计他的新机器时，瓦特熟悉潜热概念吗？那种新理论鼓励了他的新技术了吗？他坚持说它没有，而历史学家逐渐（几乎是不情愿地）相信了他说的话。劳伦斯·约瑟夫·亨德森（Lawrence Joseph Henderson）说（显然是在1917年），“科学亏欠蒸汽机要多于蒸汽机亏欠科学”。他的这句话经常被引用。毕竟，只是在1824年，萨迪·卡诺（Sadi Carnot）才最终提出了令人满意的蒸汽机理

论，比纽科门的第一台蒸汽机晚了100多年，比瓦特的晚了60年。霍尔认为，如果说，直到18世纪晚期，“工程学根本不亏欠科学”，那么这种说法即使“不十分”真实，也非常接近于真实。托马斯·库恩认为，至少直到19世纪70年代，科学和技术还是互相对立的。

你也许认为，技术史家会质疑这一理论和实践之间的分离。但是，他们刚开始和科学史家一样。公认的正统观点只是到了最近才遭到了较大攻击，并且这种攻击来自一个出人意料的领域，即新经济的工业革命史家。他们强调技术和技术创新的重要性，强调他们所谓的“知识经济”的重要性。

在这个问题上，新经济史家（正如即将变得明显的那样）是正确的。但是，对那些主张科学在工业革命扮演了关键角色的人来说，他们需要一个虽然简单但迄今为止又很典型的问题的答案。这个问题是，科学在蒸汽机的发明中扮演了什么角色？然而，在应对这个问题之前，我们需要解释清楚貌似简单的实践知识概念。这里的关键问题是一个时间表问题，即你需要等多久，才能搞清一种理论发展或一种技术进步与实践关系不大或根本没有关系，而对其加以摒弃。就像霍尔假设的那样，新科学必须与源自它的技术出于同一时代吗?

以弹道学为例。伽利略最初希望他的落体定律发现（就像我们所说的那样），以及与它相关的抛射物的抛物线路径，会使枪炮发生革命性变化。他的弟子托里切利进入实际验证，想看看他的理论是否描述了炮弹的实际飞行路径，结果发现并没有。他坚持说，那种理论依然是可靠的，尽管由于空气阻力的作用没有被充分了解，它不能被应用于快速移动的抛射物（事实证明，它可以被应用于低速、近距离发射的迫击炮弹）。在1742—1753年，随着声障的发现，对飞行中的旋转的影响（当然，这是膛线有意引发的。但是，托里切利的炮弹飞行时发生了滚动）的了解，以及作为一种结果，可靠的计算弹道的方程式的产生，罗宾斯（Robins）和欧拉（Euler）终于彻底改造了弹道

学。伽利略的物理学意在使用，但结果却是，在其最明显的应用领域，它几乎没有实际用途。虽然如此，就罗宾斯和欧拉对实际弹道所做的复杂得多的分析而言，他理想化的真空抛物线弹道是一个不可或缺的先决条件。伽利略的理论是实用的，只是花了整整一个世纪才取得成功。对特别擅长数学的青年拿破仑来说，到了18世纪80年代，那个难倒了伟大的托里切利的问题只是个学校练习问题。当然，那所学校是军事学院。

或者，拿伽利略在其事业的很长时间中专注于的那种挑战来说，也就是在海上确定经度。南北的度数（纬度）好计算，只要你知道日期、太阳在正午的高度。东西度数（经度）确定起来要难得多，因为不存在你可以使用的参照点。伽利略建立了一种理论，使人们可以把木星（他于1610年发现了它）的卫星的食用作一种宇宙时钟。只要有可靠的预言未来的食表，那么无论你在世界的什么地方，都应该能够分辨出精确的时间。此外，如果你知道当地的时间（例如，自正午以来过去的时间），那么就能比较当地的时间与食表在那里被计算的那个地方的时间，然后很容易计算出参照点西的度数或东的度数。这一理论很微妙。计算卫星的运动不太直接，但伽利略及其同事做了艰苦的努力。伽利略甚至构建了一个小机械模型，即木卫仪。这使他能够不用复杂的计算，就可确定那些卫星的位置。当然，如果他知道有必要考虑光速，他也许会做得更好，因为一次食似乎发生的时间是有变化的，取决于木星距离地球有多远。

然而，核心问题很简单，即在一艘颠簸于波涛之中的船上，你怎样才能透过一个强大的望远镜看着一个遥远的微小物体并进行可靠的观测。伽利略设计了一个功能强大的双筒望远镜。它可以夹在头上，因为在一艘移动的船上，很难一动不动地握住一个望远镜。船上还安装了平衡椅，你可以坐在上面观测（罗盘已经被装进了平衡环）。解决经度问题是一项公认的挑战。实际上，各国政府曾经重金悬赏，欲觅人解决这个问题。伽利略希望通过这项发现确立其不朽的声誉，而

非通过其他发现。他试图索取西班牙政府提供的奖赏，但失败了（他的学生卡斯泰利去了海上，但晕船严重得令人绝望）。在他最后的岁月里，他暗中与荷兰政府进行了谈判，希望他们接受他的思想并付诸实践，但他失败了。

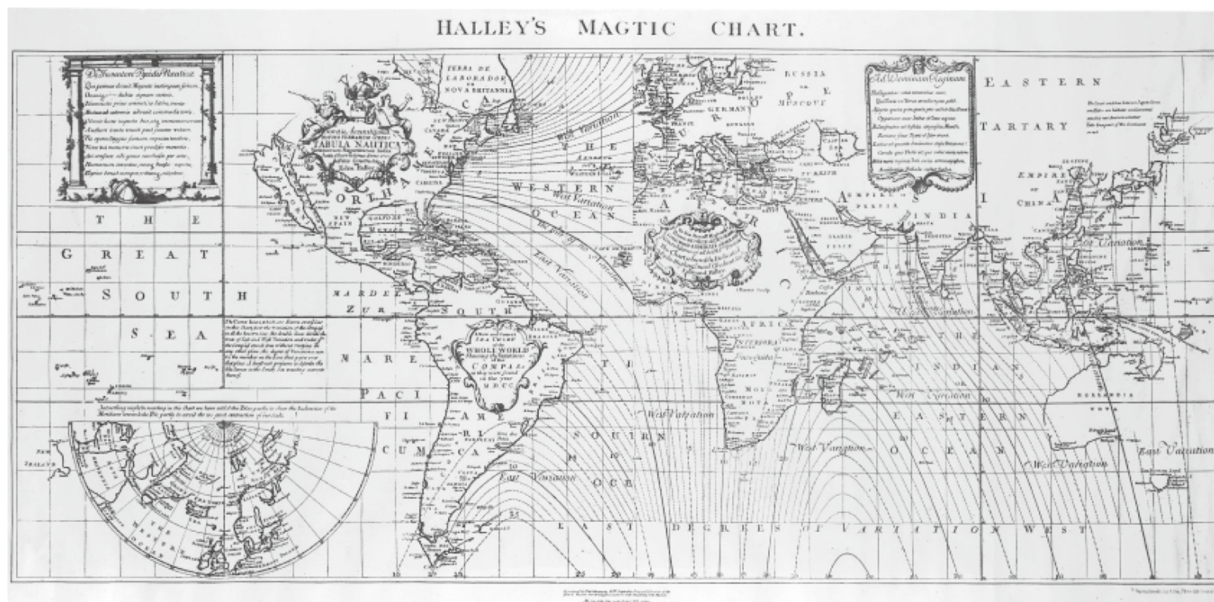
否则又会怎样？到了1679年，卡西尼家族（他们已经从意大利移居到了法国，在那里成了著名的天文学家和制图员）正在用木星的卫星计算经度，即使不在海上，也至少是在干燥的陆地上。这样的测量引导他们重新计算了法国的大小（结果法国比以前所认为的整整小了20%），计算了地球的形状（结果对牛顿学派是好消息，对笛卡儿派是致命一击）。伽利略是对的，木星的卫星是一种大有希望的测量经度的方式。他的提议被用于实践花了正好60年，并且只能在人脚踩结实的地面时才能运用。

就计算经度而言，还有一些替代方案。在很长的一段时间里，人们一直希望，测量罗盘偏角和倾角能够让海员确定他们的坐标。尽管一代又一代人付出了努力，事实却证明这是虚幻的，因为倾角和偏角随着时间变化，不可预测。到了最后，最简单的方案反倒成了最佳的方案。你只需要在旅途中拿一个可靠的时钟，并用它来测量当地时间（例如，当地正午）和参照点时间（例如，格林尼治经线）之间的差异，就可以了。

伽利略认为他已经证明了钟摆能精确报时，设计了一座摆钟（不过，他没有制造它。等到他把注意力转向这个问题时，他的眼睛瞎了。他的儿子试图帮他，却缺乏必要的手工技能）。惠更斯不知道伽利略的工作。他建造了第一座摆钟（1656），并改进了钟摆定律（1637）。与此同时，在1658—1674年，罗伯特·胡克、惠更斯和让·德·奥特弗耶（Jean de Hautefeuille）设计了用弹簧控制平衡轮（它在14世纪被发明出来，比旅行时钟的钟摆更稳定）的方法，以便小型的钟和表能够可靠的报时。但是，制造航海钟或表的任务远没有得到解决。

这样一个时钟必须保持精确，无论温度和湿度如何变化，无论波浪如何运动。直到约翰·哈里森（John Harrison）于1735年制造出第一种可靠的航海钟，这一问题才得以解决。伽利略、胡克、惠更斯的发现不相干吗？它们肯定相干，但还不够。解决这个问题花了一个多世纪的时间，但在这一过程中，人们朝解决问题迈出了坚实的步伐。

当然，钟表装置不是17世纪的一项发明。正如我们已经看到的那样，第一批机械钟可以追溯至13世纪末，它们的齿轮装置源自水车和风车。古希腊人和古罗马人就知道水车，但水车当时很罕见。由于中世纪早期的一场原始工业革命，它们在1000年前后迅速普及了。根据《末日审判书》（*Domesday Book*）的记录，1086年，在英国，水车驱动的磨坊超过6000座。垂直风车也迅速跟进。第一台日期可靠的垂直风车产生于1185年约克郡的威得利。考虑到中世纪水车最集中的地区是英国，那么我们在英国既发现了第一台有记录的垂直风车，又发现了第一座有记录的时钟，就肯定不是巧合。直到1830年，蒸汽还没有取代水和风，成为一种能源。在斯威夫特的拉普塔，就像在18世纪的英国那样，蒸汽力并没有取代水力，而是补充了水力。



哈雷的磁偏角的等偏角图，出版于1701年。图上的每一条线都像一条等高线，但它标注不是统一的高度单位，而是统一的磁偏角单位。为了绘制这张图，哈雷进行了两次探险来进行测量。他希望这将会为使用磁偏角来测量经度开辟道路。

然而，还是有人主张，伽利略、胡克和惠更斯的创新使工业革命的齿轮装置成为可能。在17世纪中叶之前，齿轮是用手工布局并切割的。胡可设计了第一台批量制造齿轮的机器，使大规模机械制造成为可能。结果，18世纪和19世纪的工程师转而依靠钟表匠来建造他们的机器［例如，理查德·阿克莱特（Richard Arkwright）与钟表匠约翰·盖伊（John Kay）合作，于1769年制造了纺纱机］。此外，作为1656年之后那几年里发生的钟表制作革命的一个结果，他们能够制作的东西的质量已经大为提高。

机械钟给了我们一个宝贵的比较思考的机会，因为我们可以看到，当它们在16世纪被欧洲旅行者介绍给其他文化时，其他文化都做出了什么反应。日本人很快就开始制造他们自己的时钟（就像他们很快就开始制造它们自己的枪炮那样），而中国人对使用时钟几乎没有兴趣，也没有制造他们自己的时钟，尽管苏颂（Su Song）已经于11世纪制造了一台复杂的、水力驱动的、用于天文目的的时钟。对他们来说，时钟只是讨人喜欢但无用的奢侈品，很像音乐盒。（中国人在采用军事革命的技术上同样行动迟缓，尽管火药起源于中国。）因此，中世纪欧洲发生的时钟的普遍采用根本不是必然发生的事情。

然而，时钟在14、15世纪传播迅速，首先是因为欧洲人已经有了机械思维（所有那些水车和风车）。其次，他们的齿轮圆周运动具体而微地反映了托勒密的天空运动（早期时钟经常测量天文时间，如月相、黄道十二宫，还测量白昼的时间）。其三，时钟为社团活动的协调提供了一种非个人的机制（修道院和教堂里的职责说明，城镇和城市的市场的开放与关闭）。平等主义团体（城市、修道院和教堂的教士会都通过选举选出它们的领导人）是由时钟控制的，而专制政体则不是如此。时钟被置于修道院、教堂和市政厅突出的公共位置，但它们被安置在皇家宫殿里的速度却比较缓慢。（即使是现在，拿我的大学校园来说，它建于20世纪60年代，校园里高耸着一座钟塔。它在那里不是为了报时，而是想传达一种印象，即我们的学校是一个纪律严

明、平等主义的团体。）中国缺乏这些文化、技术、概念、政治因素，因此中国人虽然欣赏时钟，却根本不用它。

钟表装置显然促进了那种观念，即宇宙可以被理解成一种复杂的机械。哥白尼派所致力于的观点则是，相同的物理原理也在天空和地球上发挥作用。于是，1605年，在读了吉尔伯特关于磁铁的论述后，开普勒受到启发，才得以这样写道：

我的目标是证明，天空机器不像一种神圣的生物，而是像一个时钟（那些相信时钟有生命的人把工匠的光荣分配给了作品），只要运动的一切差异都是由一种简单的、磁性的、物质的力引发的，就像时钟的一切运动是由一种最简单的重物引发的那样。[注]我也将证明，这一物理的解释将经得起数学和几何的检验。

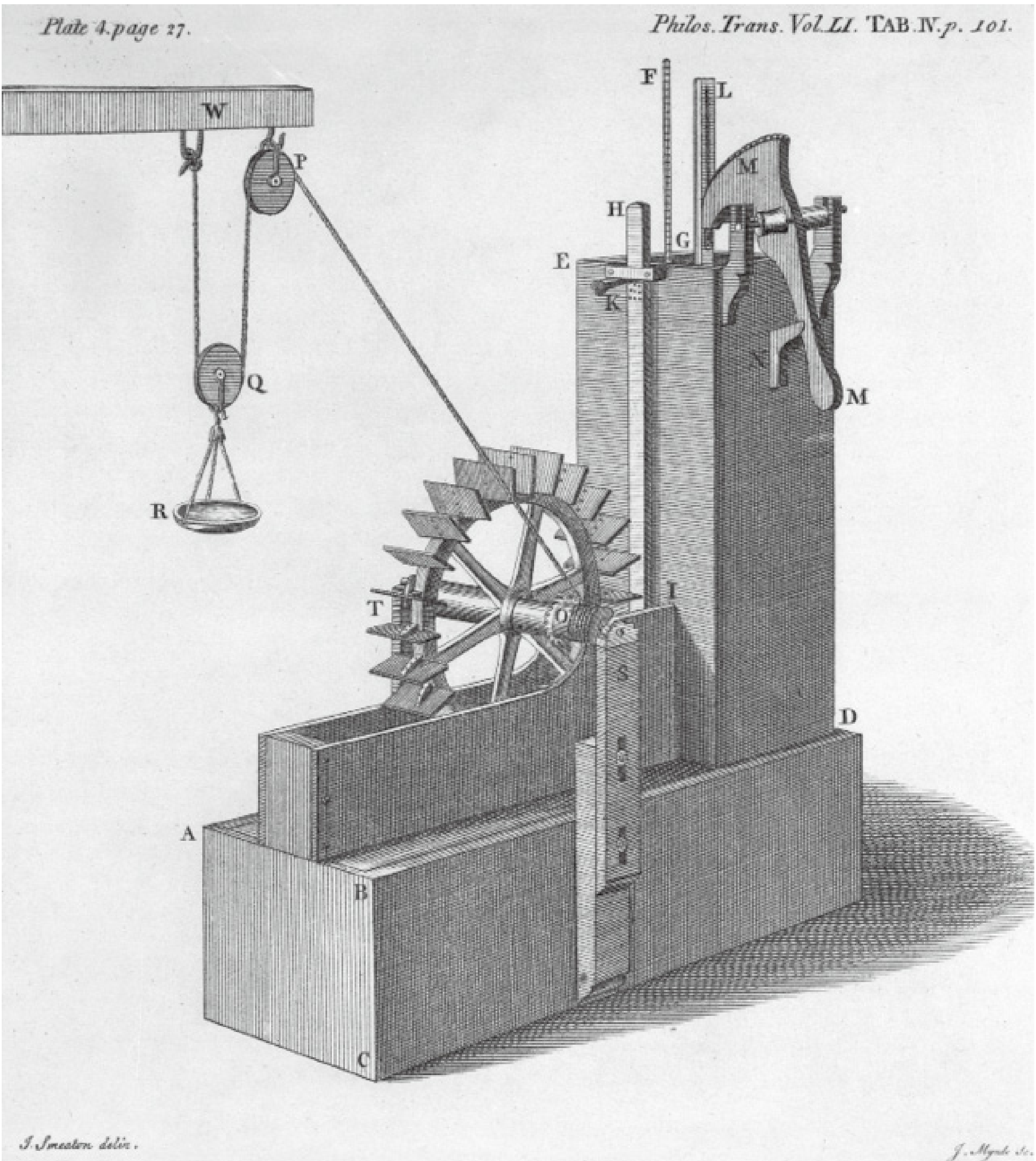
但是，中世纪和文艺复兴时期的时钟太不完善了，不仅驱动它们的重物每天必须被升起，时间也需要校正。此外，只有经过改进的惠更斯的时钟才能够让人把宇宙当作一种完美、如同时钟的机械，认为它不需要神圣的钟表匠的保养。我们发现，最早在1662年，也就是在第一个摆钟产生之后六年，在新科学的提倡者西蒙·帕特里克（Simon Patrick）的一段文字里，那种新的后惠更斯想象就被移植到了笛卡儿的“自动机器”设想上：

那么，毫无疑问，哲学必须从第一批弹簧起，通过观察一个部件怎样移动另一个，以及这些运动怎样随着从第一批弹簧起每种部件各自的量、形状、位置而发生变化，在世界大自动机器中找出这一神圣技艺的程序。这是哲学的职责所在……[注]

通过提供卓有成效的比喻，时钟装置激发了科学革命。此外，通过促进复杂的齿轮机械的发展，它还促进了工业革命。但是，时钟自身并不是这两种革命的产物，也不是它们的必然先决条件，因为存在其他类型的齿轮装置。

关于技术进步中的延迟结果，还有一个重要例子。对莱昂纳多等第一批工程师来说，水利工程是一个主要问题。其结果是，它也成了伽利略及其弟子亟须解决的问题。伽利略在排水工程上提供建议。伽利略的学生卡斯泰利就河流管理问题向教皇提供建议，并出版了一部关于该课题的大型专著［《一些河流的测量》（*Della misura delle acque correnti*），1628］。伽利略的另一位学生托里切利在理论上取得了重大突破，系统表述了现在所谓的托里切利定律（1643）。它能够让人在给定水头的情况下确定流速（或在给定一种已知流速的情况下确定水头）。托里切利还就阿尔诺河的支流奇亚纳河的流量做了实际工作。伽利略的学生、继伽利略之后担任大公的哲学家的法米亚诺·米切里尼（Famiano Michelini）也出版了水力学著作［《关于河流流向的论文》（*Trattato della direzioni de'fiumi*），1664］

然而，又过了100年，在英国，约翰·斯米顿（John Smeaton）才依靠托里切利的工作，开始用水车模型做一个系统的实验项目，为的是确定哪种设计最有效（比较下击和上击），以及怎样才能使每种设计达到其最大工作效果，如水车应该多大，它应该转动多快才能达到最大效率，下击式水车的桨叶应该入水多深。斯米顿吃惊地发现，上击式水车（水从顶部进入水车）的效率是下击式水车（水流在水车底部流动）的二倍。理论曾让他以为它们表现一样（当然，德萨居利耶曾正确地怀疑，上击式水车在实践中更胜一筹），他也难以解释为什么它们的表现差距如此之大。斯米顿于是发展了一系列指导水轮建造的经验法则，产生了广泛影响，致使人们纷纷从下击式水车转向了上击式水车或（在不实用的地方）胸击式水车（水击打水车的中高处）。在这个时候，也只是在这个时候，我们才可以说，伽利略及其学生就水流做的工作才通过促进实用技术明显改善，终于获得了回报。



约翰·斯米顿的“下击”结构的水车模型，水车直径2英尺（约0.6米）。来自《实验研究》（*An Experimental Enquiry*），1760。

水车的案例非常有趣，因为这种技术发展极其缓慢，几乎达1000年之久。水车匠已经通过检验和错误懂得什么管用、什么不管用，但迅速取得进展需要系统实验，而只是在实验方法被提高到一种新的知

识地位后，这种情况才得以发生。斯米顿最初学的法律，后来成了机器制造学徒，最后才成了工程师（他是第一个称自己是“民用工程师”的人，与军事工程师相对。他接着成立了一个民用工程师协会）和皇家学会会员。他结合了实用和理论知识，就像胡克在制造钟表时那样。当然，他是在回应一种动力需求急剧增加的经济状况。他接着建造了蒸汽机、港口、桥梁和运河（其中包括考德尔航道。那是一套截、堵工程，使考德尔河能够通航，现在还是如此）。

在17世纪80年代，甚至在16世纪80年代，做斯米顿的实验的障碍是什么呢？[注]斯米顿的工作有赖于满足两个知识先决条件。首先，众所周知，用比例模型工作经常具有误导性，因为实际尺寸的机器的表现往往极为不同。伽利略在其《两种新科学》中已经提供了思考这一问题的概念装置，而斯米顿则通过巧妙测量他的模型中产生的摩擦量，然后抵消它，处理了这个问题的一方面，即比例模型中的摩擦往往比实际尺寸的机器中要大。其次，斯米顿的工作有赖于托里切利定律的系统应用。我们也许想增加第三个先决条件。在通过比较水车的输出功率和水流的输入功率计算水车的效率的过程中，斯米顿假设了牛顿的能量守恒定律。在这个意义上，他的工作有后牛顿的性质。但是，即使没有绝对的效率度量，他也能够比较不同类型的水车的输出功率。此外，在界定力的过程中，斯米顿避开了牛顿的追随者和莱布尼茨的追随者之间就“力”的定义产生的冲突（现在，通过区别动量和动能，这一冲突已经得到解决）。即使他的工作取得成功，这场冲突也未必能得到解决。

因此，情况似乎一目了然，即在16世纪80年代做斯米顿的实验是不可能的，但在17世纪50年代则完全有可能，并且一旦牛顿的《原理》（1687）中的观点被普遍接受，做这种实验就简单了。用模型工作也根本不新鲜。到了18世纪20年代，德萨居利耶就在做蒸汽机模型，并且他肯定不是第一个这么做的人。然而，直到18世纪中叶，斯米顿和瓦特才都用模型去解决动力机器的效率转化问题。对那些认为

现代科学源自工匠和技工的经验主义实验探索的人来说，他们需要解释，为什么在斯米顿的科学方法被引入之前，水车技术的演化那么缓慢。要系统、自觉地采用实验方法，就像斯米顿和瓦特做的那样，你既需要一定量的可靠理论，也需要对实验方法有信心。实验方法也许麻烦，但表现出能产生较大进步的优点。那种理论在18世纪50年代并不新，但那种信心却是新的。那种信心源自一个持续不断的项目，即通过公开讲座和书籍宣传新科学。这一项目是牛顿的弟子进行的，尤其是德萨居利耶。

最后，现代早期科学克服了它自己设定的最难的实际问题中的两个，即真实条件下的弹道路径的计算，以及经度的测量。尽管17世纪的科学家没有看到这些问题得到解决，但他们还是为他们18世纪的继承者准备了基础，使后者解决了它们。此外，在18世纪中叶，斯米顿和瓦特改造了功率，使水蒸气力被控制以驱动机器。就短期来看，斯米顿的成就比较重要。就长期来看，瓦特的成就比较重要。1726年，当这些实际问题尚未得到解决时，斯威夫特反对科学实用性的案例似乎是有理的。但是，到了1780年，甚至到了1750年，再这么做就难了。奇怪的是，历史学家依然陷在斯威夫特的世界里。当他们阅读斯米顿等人的文本时，他们的态度有些天真，好像它们仅反映了一种利用模型修修补补的项目，好像所有被使用的术语都是常识。他们忘了，正是科学发现了水头和流速之间的关系。

2

新科学的首个伟大实用成就是纽科门于1712年制成的蒸汽机，正是据推测斯威夫特抱怨在无河流之地建造磨坊时所嘲笑的机器。把纽科门的成就纳入视野是必要的。到了1800年，英国仅建造了2200台蒸汽机，其中约2/3是纽科门的蒸汽机，1/4是博尔顿（Boulton）和瓦特的蒸汽机。在1760—1800年，可以利用的水利设备提供的动力（大多是斯米顿的工作的成果）是蒸汽动力的二倍。蒸汽的伟大时代仍未到

来。当玛丽·雪莱（Mary Shelley）于1818年出版《弗兰肯斯坦》（*Frankenstein*）时，她所认为的新科学的可怕力量几乎不包括蒸汽［只增加了一个关于“蒸汽的奇妙效力”的索引，也许是在那本书即将付梓时由珀西·雪莱（Percy Shelley）增加的］，尽管布莱克在1804年已经写到了“黑暗的撒旦磨坊”（他可能想到了阿尔比恩面粉磨坊。那是伦敦第一座大型工厂，成立于1786年，由博尔顿和瓦特的蒸汽机提供动力）。1807年，博尔顿的蒸汽船开始在纽约城和纽约州首府奥尔巴尼之间提供定期客运服务。1819年，结合了帆和蒸汽的船只“萨凡纳”号横渡了大西洋。1829年，斯蒂芬森（Stephenson）的“烟火”沿着铁轨咔咔作响。到了1836年，人们才能够把蒸汽描述为标志着“世界历史的一个新时代”。它已经“无法估量”地增加了人类的力量。

1712年，工业革命和蒸汽时代远未到来。到了1836年，它们成了现实。它们之所以如此，是由于一种新的专业技术文化，由于斯米顿和瓦特这样的人，由于英国的高工资（因为很多新发明只有在高工资的经济体中才有利可图）。蒸汽机并没有使工业革命必然发生，但它的确使工业革命成为可能。以前不是没有高工资经济体（例如，在黑死病之后），但没有工业革命。没错，很多对工业革命具有重要性的新发明（比如阿克莱特的纺纱机）完全不应该归功于科学，但如果没有斯米顿改良的水车、博尔顿和瓦特改良的蒸汽机，制造它们的工厂就绝不可能获得动力。

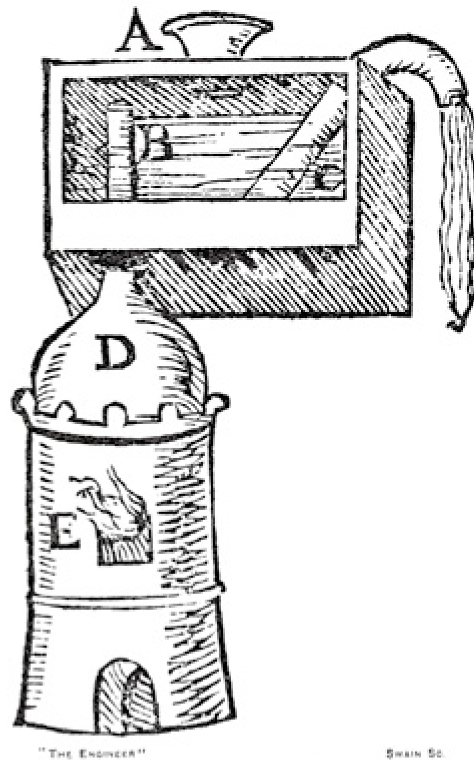
为了理解蒸汽机，思考一下制作咖啡的方法也许不无裨益。一些人给过滤器放入咖啡渣，然后用水过滤，靠的是重力。一些人用咖啡壶，咖啡壶利用蒸汽把水往上赶，透过咖啡渣。咖啡壶是一个增压的蒸汽系统，这正是它需要安全阀的原因。一些人采用真空方法。水被蒸汽向上赶进一个较高的容器（低压就行，因为它只需克服水的重量），但接下来，当热被移除、蒸汽凝结，就产生了真空，把水通过咖啡渣向下吸。真空方法依赖大大气压力。

蒸汽机是17世纪科学的产物，后者曾经用真空、大气压力和蒸汽压力做了实验。气枪是大气压力的一个简单例子，它在17世纪被称作“风枪”。梅森在1644年描述了一种气枪，这也是英语中首次提到它的一年。它先把空气压缩进一个带风箱的容器里，然后利用被压缩的空气驱动飞镖或弹丸。德拉·波尔塔在1606年利用了这一原理。1625年，萨洛蒙·德·科设计了一个蒸汽喷泉。它工作起来就像一个置于炉子上头的蒸馏咖啡机，即容器内的大气压力只有一个出口，它驱动容器里的水向上喷出。玻意耳定律从理论上解释了压力怎样可以被用于制造强大的力量，只要人们能够找到为了使用而控制那种力的方法就行。

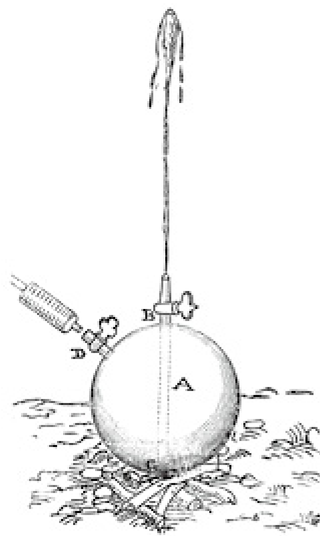
但是，要制造某种高压机械，还有一种替代方式。这种替代方式就是低压机械，源自冯·居里克用他的空气泵做的工作。冯·居里克已经证明，如果你把空气从一个圆筒里抽出来，大气压力就会把圆筒里的一个活塞往下压，那种力量达到就连一对壮汉也抗拒不了它的程度。1680年，惠更斯提供了一种控制大气压力的替代方式。他利用一次爆炸，通过一个阀门把空气从一个圆筒里驱赶出去；接下来，等热气冷却，一个活塞被往下吸，把一个重物托起来。

丹尼斯·帕平采纳了这一思想。他是一名医生，曾作为惠更斯的助手开始起科学事业，做空气泵实验。他当时已经移居到了英国。帕平是个新教徒。在法国，新教徒的生活正在变得越来越不舒服。在英国，他充当了玻意耳的助手。按照玻意耳本人的说法，玻意耳的《新实验补编》（*A Continuation of New Experiments*；拉丁语版本，1680；英文版本，1682）中的很多实验都是帕平设计的，帕平全都做了它们。实际上，这部著作根本不是玻意耳写的，而是帕平写的。帕平于1680年当选为皇家学会会员（他的社会地位迥异于仅仅作为一个技术助手的地位），但是他的财务状况不太稳定（他获准免于缴纳会费）。在1681—1684年，他受雇于威尼斯。尽管他返回了英国，但又于1687年离开了，首先在马尔堡（在那里，他与同事关系不睦。他们

认为不需要数学教授。他的新教教友则开除了他的教籍）成了数学教授，然后从1695年起成了一位向卡塞尔的海塞伯爵领主（或伯爵）提供建议的工程师。在卡塞尔，他成功地在富尔达河中测试了一艘原始潜艇。



乔瓦尼·巴蒂斯塔·德拉·波尔塔的蒸汽压力泵，来自《精神三书》（*Tre libri de' spiritali*，1606）。

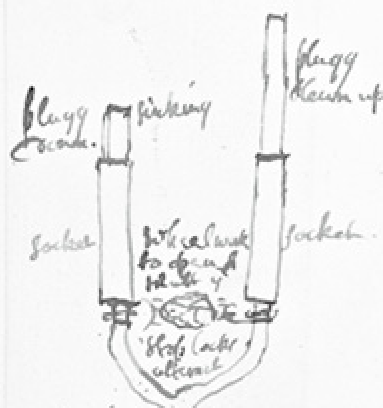


德·科的蒸汽驱动的喷泉，来自《动力之因》（*La Raison des forces mouvantes*，1615）。

帕平进一步发展了惠更斯的思想。他制作了一个圆筒，里面装着少量的水，然后点火加热。水变成了蒸汽，驱赶出空气，把活塞往圆柱的顶部推，顶部有一根弹簧连接着一个螺钉。接下来，把热除去，蒸汽凝结，活塞被充入了气。一旦螺钉被拉动，活塞就会被大气压力一直压到圆柱底部。这实际上是一枝被大气压力驱动的风枪，只是活塞代替了子弹。帕平接着设想了一系列这样的活塞，它们转动齿轮来驱动船只，从而节省了划桨手费用（桨帆船当时仍被普遍使用，尤其是在地中海里和一些河流上）。他认为，如果附近没有河流来驱动水车，这样一种机器能够被用来把水从矿井里抽出来。不幸的是，他没有可以迅速给圆筒充气和放气，或（在这时候）让它们以一种有序的方式放气的机械。

在他致力于各种蒸汽机实验的那些年里，他取得的最大成就是建造了一辆蒸汽驱动的车。它可以在他客厅的地板上跑来跑去。他甚至预见到了蒸汽驱动的装甲车比骑兵跑得还快的时代。他的敌人嘲笑它，说他正在研究飞行机器。他也的确承认，他有过这样的想法。作为他个人对反路易十四（Louis XIV，他曾经把新教徒逐出了法国，其中包括帕平）战争做出的贡献，他设计了一种迫击炮。它能够以每小时200颗（他后来声称，甚至可以达到500颗）的速度把手榴弹投出90码（8229.6厘米）远。设计很简单，就是拖动一个杠杆，把一个活塞向下拽到一个圆筒里，制造一个真空。当活塞被松开时，它就会在圆筒里被向上推动，制造推进力，把手榴弹抛向敌人。换句话说，这是对他的大气蒸汽机的改造，或者倒不如说是对他较早时候的大气压力驱动风枪的计划的反转。

An Engin to doe any work's with by fire & water.



As this works the stop- cocks open
& shutt alternately & so rise
& fall the pluggs.

Steam.

water

fire



145

The rising of the pluggs, are ordered to turne a wheel by a toothed barr; wch when at the top, is struck loos by a catch, or snack. and then the barr falls downe, & with its weight turnes the wheelwork, wch shutts in the steam from that pipe or socket, by a stop cock, & pari passu opens the other & then that rises in like manner, & so they play alternately without help.

The uses are derived from the wheel, these rising barrs work upon, that alternately as the occasion is, ffor if a Motion be given either to & fro or continuall, it may be applyed by wheel work to almost all occasions.

But this I saw onely in model.

罗杰·诺斯的笔记本条目，显示了他绘制的双桶蒸汽机，以及活塞转动一根轴所凭借的齿条和齿轮机械（来自英国图书馆Add. MS 32504）。

1704年3月，帕平仍在研究他的大气蒸汽机。他取得了多大进步了呢？在一个笔记本里，我们找到这一问题的答案。这个笔记本属于英国律师、乐师、文学家罗杰·诺斯（Roger North）。在笔记本里，诺斯描述了一种双桶大气蒸汽机，并绘制了草图。他说，他“只在模型里”见过它。在这一时期，“模型”这个词是模棱两可的，可以带有其现代含义，但往往更多的是指一种图示、一种设计方案或图样。“在模型里”这一短语极其罕见，仅见于一幅于1651年出版的挂图，它的标题把它描述为“模型里的”对基督教教义的总结。因此，诺斯看到的可能不是一个工作模型，甚至也不是一个初步设计模型，而是一幅画。他之

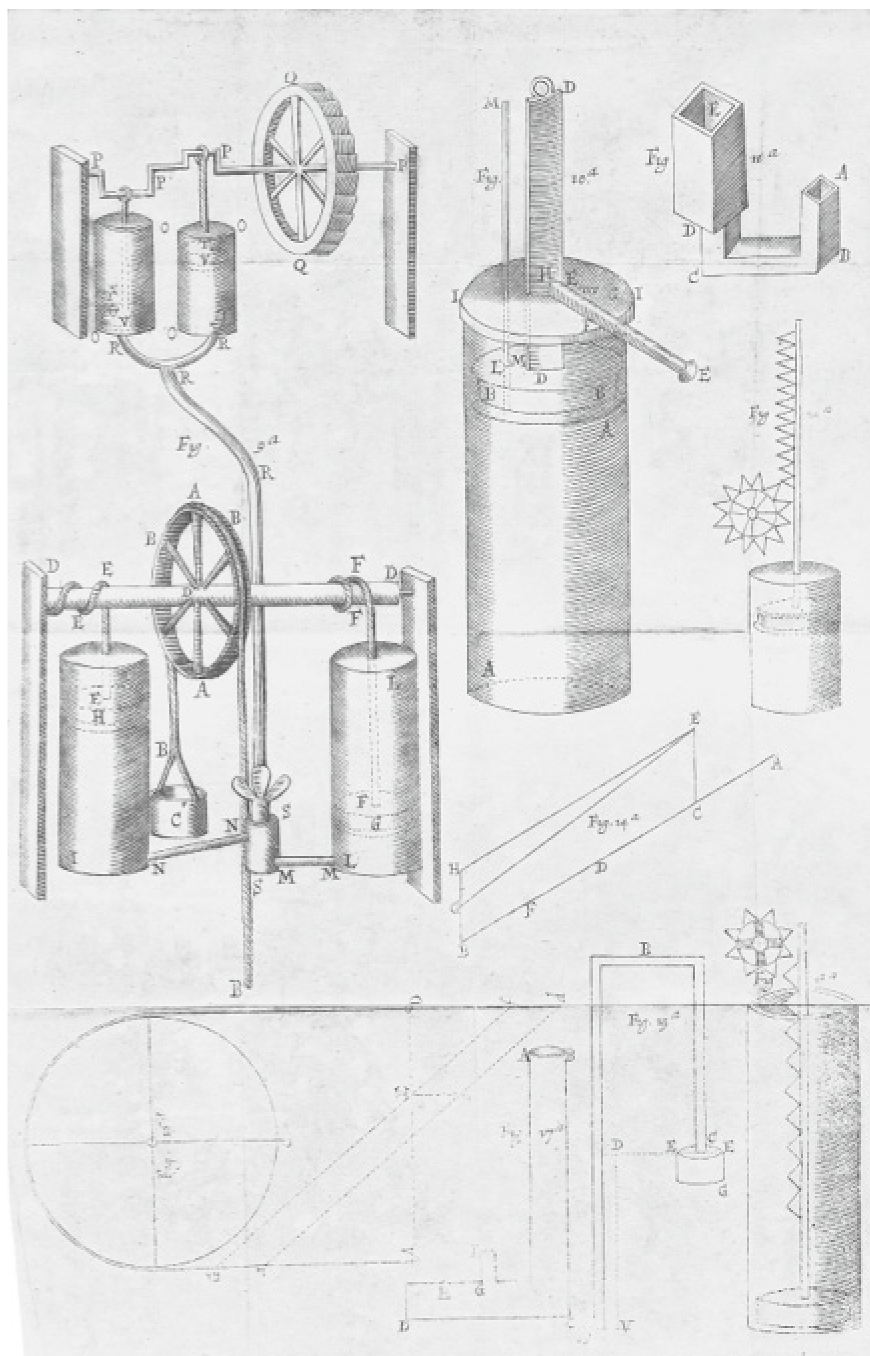
所以坚持他只在“在模型里”见过它，可能就是出于这个原因。我们无法确定他在何时看到了这幅画。一个较早的条目是于1701年写的，它能给我们一个大概日期。据推测，这就是驱动那辆小蒸汽车在帕平的客厅里跑来跑去的机器。

诺斯草绘的机器是帕平的空气机的发展，因为那两个圆筒拥有自动的阀动装置，并且来回运转（1676年，帕平已经设计了一台正好具有这些特征的空气泵）。这种驱动机制显然与帕平曾经做过图解的那种机制非常相似。那是在他于1695年用法语出版了一本关于他的蒸汽机实验的著作中。他还声称它是以手表里的机械装置为模型的，只不过在驱动冲程完成时，小齿轮从齿条上移开了，而非另外的那种循环方式。具有棘轮装置的齿条和齿轮很独特，因为它远非那个用一个齿轮驱动一个轮子的问题的最佳解决方案（曲轴要好得多）。玻意耳的第一台空气泵使用了一种齿条和齿轮装置来驱动泵里的活塞（在这里它的用法正相反，是活塞在驱动齿条和齿轮装置），但没有可以让齿条在不转动齿轮的情况下缩回的棘轮。那有可能是某个追随帕平步伐的人的工作，但似乎更有可能是帕平本人的工作。有证据显示，他曾经把他最新的机器的一张绘图寄给了他在英国的一位朋友，而诺斯看到了这张绘图。但是，没有迹象显示帕平在1704年后曾就大气蒸汽机开展工作，也没有关于诺斯记录的他的机器的消息被传播。帕平在1695—1704年取得的进展没有产生任何影响。要不是诺斯的草图，我们就不会知道它们。正如我们即将看到的那样，帕平的真正贡献在于别处。

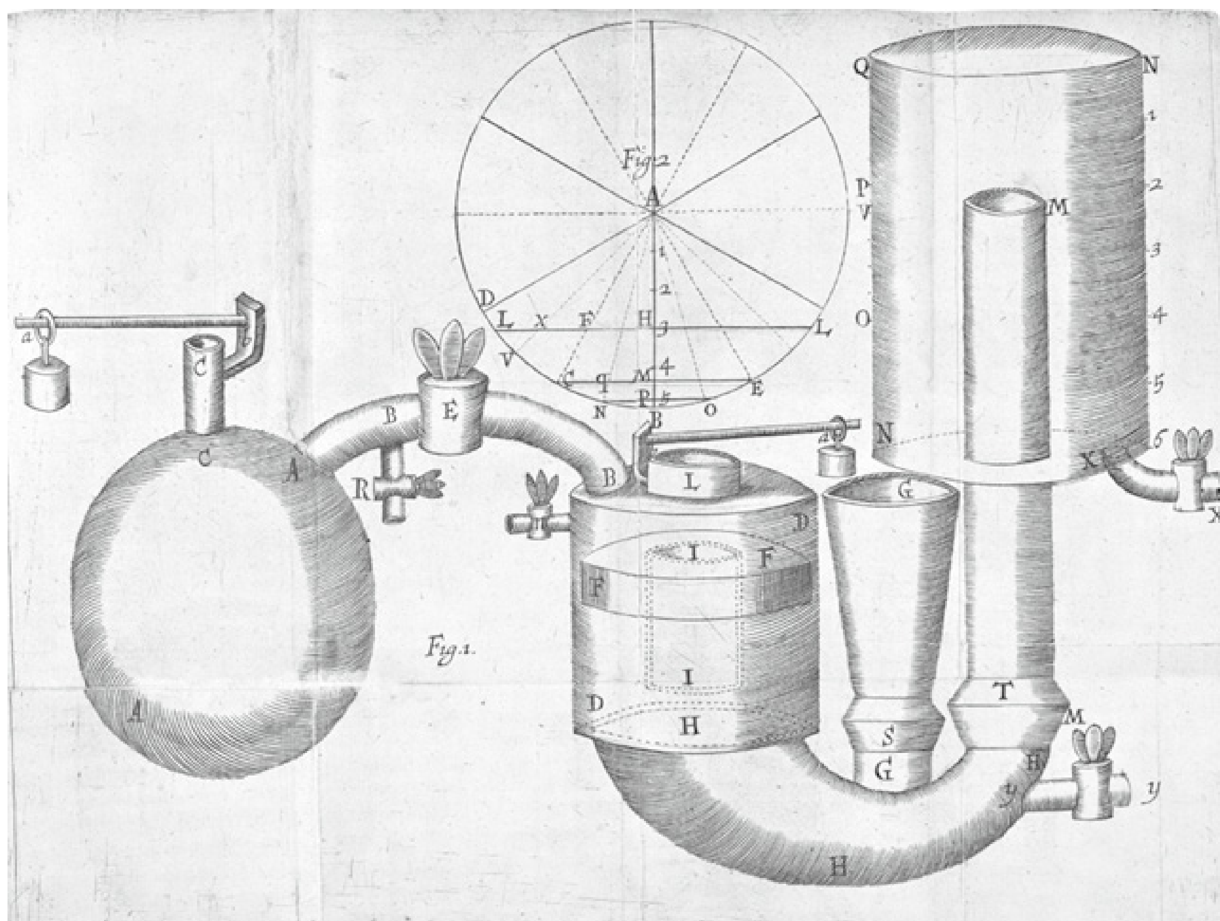
3

1698年，军事工程师、皇家学会会员托马斯·萨弗里（Thomas Savery）获得了一种蒸汽驱动的泵的专利。它用大气压力和蒸汽压把水提高［一些人怀疑他只是复制了伍斯特侯爵爱德华·萨默塞特（Edward Somerset，卒于1667年）较早时候的设计。萨默赛特曾设计

过一种蒸汽驱动泵］。蒸汽被输入一个圆筒，然后通过往圆筒上喷水使其冷却。蒸汽凝结，把水通过一根管子往上提进圆筒。一个阀门被关闭，水被加热，所产生的蒸汽驱动水向上，从圆筒里出来。这样一来，萨弗里的机器既吸又吹，就像一个风箱，但吸是由正在凝结的蒸汽引发的，吹是由正在扩张的蒸汽引发的。除了阀门，这台机器没有移动部件。由于吸力是来自大气压力驱动的，它只能把水提升到不超过30英尺（约9.1米）左右，而吹则能够把水向上推任何距离，只要圆筒里的压力够高。萨弗里于是提议把他的设备安装在一个矿井底部附近，用它把水抽到地面。实际上，这台机器被用于驱动观光喷泉，而非把水抽出矿井，因为萨弗里无法建造能够维持足够高压力的锅炉和圆筒。



帕平于1695年绘制的多种充气机器的插图。左侧的系统使用水车来驱动抽气的活塞，这些活塞又驱动第二套活塞，提升或降低一个桶。上方中间描绘的是帕平的由大气压力驱动的活塞。一旦蒸汽凝结，移除被标为B的栓，就会导致活塞下降。左侧描绘的是他的齿条和齿轮棘轮装置。



帕平的蒸汽泵，来自《通过火的力提升水的新方法》（*Nouvelle manière pour élever l’eau par la force du feu*，1707）。锅炉在左侧，正在被注水的水箱在右侧。标号为G的漏斗需要持续不断地供水。数字2与那台泵意在驱动的水车的设计有关。这台泵是对萨弗里的机器的改进。一个浮球被引入进来，以分开蒸汽和正在被抽的水。它安装了帕平的两个安全阀。

关于萨弗里的机器的消息传到了海塞伯爵领主那里，帕平被要求设计一台高压蒸汽泵。帕平最初所做的努力显然不太成功，因为他向萨弗里征询意见以如何改进自己的设计。最终帕平成功地按期利用一台蒸汽机为一座观赏喷泉抽水（对统治者和贵族而言，路易十四在凡尔赛宫兴建的供水系统已经让观赏喷泉成了一个竞争激烈的领域）。他的一台机器爆炸了（几乎使伯爵领主丧命，尽管帕平发明了第一个安全阀），另一台的锅炉被水冻得爆裂了。尽管帕平自称独立设计了他的泵，但他的泵经常被不无道理地描述为对萨弗里的泵的改进。其实，帕平的泵和萨弗里的泵是大为不同的，它只通过吹循环提升水，并且把用来驱动系统的水（它被转化成了蒸汽，然后凝结）和利用一

个浮球（看上去很像一个活塞，但并没有被用来驱动机器）被抽的水分开了，理由是这会防止在加热通过机器被抽的水的过程中，热被浪费掉。此外，帕平的设计中缺少萨弗里采用的一个简单装置，即通过给圆筒上喷水冷却它，以加速蒸汽的凝结。

帕平在海塞变得越来越不满。那里的伯爵领主没能赋予他的研究他认为应该享有的支持，于是他决定回到英国。通常的说法是，他建造了一艘蒸汽驱动的船只，把他的财产都搬了上去。帕平从富尔达河流域的卡塞尔动身，终于得以前往英国。不幸的是，他航行了15英里（约24.1千米），来到了威塞尔河流的交汇点，来到了一段由一个船员行会垄断的河道。他付出种种努力，也没有获得一纸官方豁免。那些船员们决定维护他们的权利，夺走并毁掉了他的船只。这使蒸汽驱动的运输中断了近一个世纪。

但是，蒸汽驱动的船只的故事是建立在误解的基础上的。帕平建造了一艘不通过帆也不通过浆提供动力的船只，并且那艘船的确被毁掉了。但是，它不是（就像他的信件中清晰表明的那样）由一台运转的蒸汽机驱动的。帕平建造的是一艘明轮船（不是第一艘，萨弗里在这一点上也先于他），而非一艘蒸汽船。那些蹼轮由手转的曲柄驱动。令人困惑不解的是，这一故事被一再重复，却没有人表示出怀疑。毕竟，如果能够在1707年建造一艘能运转的蒸汽船，那为什么还要再花一个世纪，才确立了可靠的水上蒸汽推进力呢？一位作家已经毫不犹豫地得出了一个显而易见的结论，即这里面存在卑鄙的阴谋。然而，早在1880年，反驳这一神话的证据就已经被印成文字了。

由于他的船只出事，帕平丧失了他绝大部分的财产。在和妻子分开后，他终于在1707年抵达了英国。他向皇家学会提议，希望学会资助他建造他的蒸汽船。学会把他的提议呈递给了萨弗里。萨弗里不仅是该领域的主要专家，也拥有一项专利。该专利涉及广泛，涵盖了任何蒸汽驱动的机器。萨弗里坚持说，浮球/活塞会产生太大的摩擦，行

不通。作为学会的主席，牛顿摒弃了整个计划，认为它费用太高昂。当然，牛顿也许对帕平抱有偏见，因为帕平是莱布尼茨的朋友，而当时牛顿和莱布尼茨的冲突越发激烈。皇家学会曾经历数年衰落，缺乏资金，几乎没做实验。尽管有迹象显示当时它对实验科学又产生了新的热情，但帕平却没有从中获益。

毫无疑问，牛顿是对的，因为帕平的计划花费的确高昂，几乎让人绝望。从帕平的机器的插图看，原因一目了然。它需要向抽水装置里供水，水源又必须比圆筒高。如果机器要被安装到一艘船上，从河里或海里取水，那么机器整体就必须低于吃水线，而这就需要一艘很大的船，船的通风口必须很深。帕平很清楚这一点。他向皇家协会提议建造一艘80吨的船，船长约100米，“只需花400英镑”就可建造。400英镑又价值几何呢？如果用零售价格指数来换算，相当于现在的5万英镑；如果用平均工资系数来换算，则高达72.5万英镑。更有帮助的衡量方法则是，它是剑桥卢卡锡数学教授薪水的4倍，也就是40万英镑。注

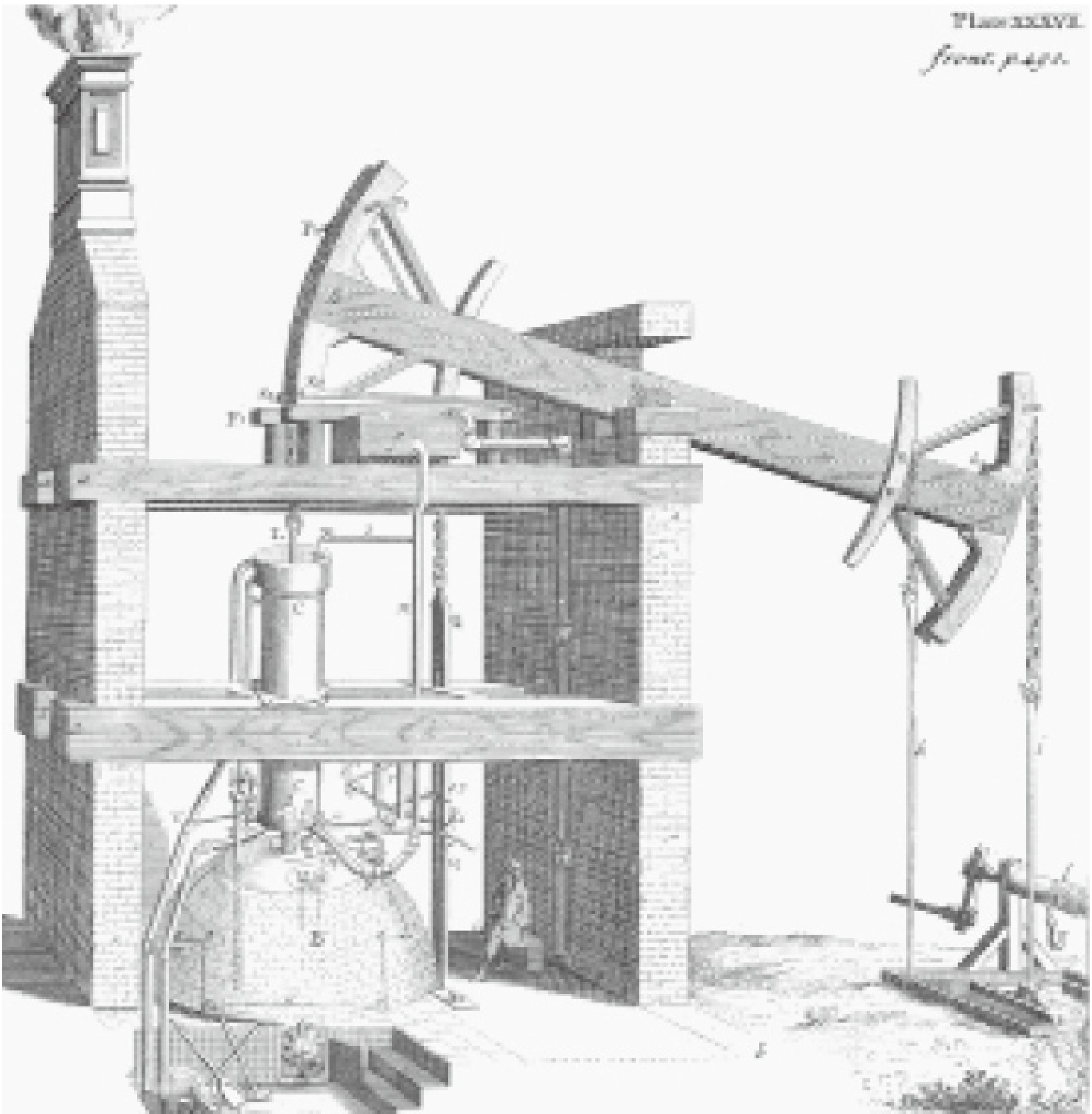
因此，19世纪绘制的帕平驾驶他的蒸汽驱动船只的插图完全是误导的，因为它们展示了一台安装在一艘小船甲板顶部的机器，而非一艘机器低于甲板的大型海船。有个问题是绕不过去的，即帕平的蒸大气压力机器不可能被用来为一艘船只提供动力，除非是大型船只。注那个计划只是不切实际而已。帕平不断提出新的计划（他就像很多人那样，认为他能制造一个时钟，精确到能够测量经度），却找不到支持他的人。他晚年陷入了破产和贫困的境地。我们最后一次听说他是在1712年1月23日。他写道：“我处境凄凉。”我们不知道这位伟大的工程师和科学家是在何时、何地以及怎样死去的。

仅仅在帕平失败5年之后，纽科门就制造了商业上可用的蒸汽机。纽科门的机器的一大优点是其概念的简单和抱负的适中。它只有一个活塞，由大气压力驱动。当活塞被向下推时，它向上拉动一根大柱子。这根大柱子起到了压力泵的作用。泵装置的重量确保活塞停留在向上的位置。通过给汽缸里注入蒸汽，空气被驱赶出去。接下来，通过给汽缸里注水，蒸汽被压缩了（纽科门偶然发现了怎样做到这一点），大气把活塞向下推。然后，在大大气压力下，蒸汽被重新输入汽缸。这释放了活塞，它被泵的重量托起。这台机器转动速度缓慢，每分钟约15周。它很简单，因为就像帕平于1690年制造第一台蒸汽机那样，它只包含一个汽缸，并且汽缸仅由大气压力驱动。为了有效，萨弗里的机器和帕平的第二台机器需要增大到一种很高的压力。但是，在实践上，锅炉和汽缸无法被制造得承受这样的压力。另一方面，与萨弗里不同，纽科门必须克服潜在的摩擦和必然的泄露等一切困难，制造一个移动活塞。

纽科门几乎没有受过正规教育。他出生于1664年，是德文郡达特茅斯的一位五金商人，在当地的浸礼教会担任长老。然而，他几乎是独自一人［我们知道他有一个助手，即玻璃工考利（Cawley）先生］，就让一种新技术得以产生。这怎么可能？同时代的人和我一样感到困惑。第一种可能是，他在一种完全隔绝的状态下工作，完全不了解此前的相关知识。你只需要系统表述一下这一可能性，就会明白它肯定不对。首先，纽科门不可能在对大气压力一无所知的情况下设计他的机器，因为大气压力提供了它的驱动力。大气压力的知识到1712年的确已经普及了，任何关于气压计工作原理的解释都会给纽科门传递托里切利和帕斯卡尔的发现。但是，他对此的需要极小。

关于纽科门在1712年的情况，我们几乎没有直接信息。但是，通过他在后来的岁月里给他的助手讲的情况，有两件事是确定无疑的。首先，就蒸汽机来说，他开始工作的时间和萨弗里差不多，因此不迟于1698年。其次，他的工作和萨弗里完全不相干。然而，一些学者觉

得这没有意义。纽科门肯定要么从萨弗里的专业知识中获益，要么从帕平那里获益。一位学者曾无视一切证据，主张纽科门其实是萨弗里的雇员。另外一名学者则像他自己所说的那样，“面对一切证据”，暗示纽科门和萨弗里可能就在1707年1月或不久之后相识。我们知道当时萨弗里去了达特茅斯，但这就太迟了（于是又被巧妙地改到了1705年，可这仍然太迟了）。18世纪晚期的一位学者“解决了”这一问题，声称胡克（卒于1703年）曾经向纽科门写信，描述了帕平的第一台蒸汽机。尽管被认为支持这一观点的文件不存在，并且自1936年以来就被知道不存在，但这一故事依然被一再重复。另外一名学者说：“托马斯·纽科门肯定见过发表在1685—1700年各期《哲学汇刊》中的帕平原型机器和泵的模型的草图。”事实是，帕平在《哲学汇刊》中发表的东西根本没有提及蒸汽力，并且帕平的机器和泵全都依靠水力和人力。



纽科门的机器，见约翰·西奥菲勒斯·德萨居利耶的《实验哲学教程》（1734—1744年；取自1763年重印版）。锅炉在左侧，活塞连着摇臂，正从锅炉里升起。

帕平的机器在概念上最接近纽科门的机器。伟大的历史学家李约瑟（Joseph Needham）非常明智地说："我发现，几乎无法相信纽科门不知道帕平的蒸汽缸。"但是，帕平是在德国建造并运行他的第一台机器的。就我们所知，没有英国人曾经见过它。他在印刷文字中描述了它几次，但用的是拉丁语和法语，从来没用过英语。只有一段英语文

字似乎描述了它，是在帕平1697年发表在《哲学汇刊》上的一篇文章的评论中：

第四封信展示了一种矿井排水方法。在矿井那里，你没有靠近河流的便利，无法（通过一种水车方式）使用上述的［抽水］机器。在提到了用火药（就像惠更斯所做的那样）在汽缸里制造真空的不便后，他提议交替地把一小片水转化成汽，方法是在包含着水的汽缸底部点火。汽迫使塞子（即活塞）在汽缸里向上，达到相当高的高度，然后在气压下再次下降（汽凝结，就像水从火那里被取走就会冷却那样），被用于把水抽出矿井。

纽科门接触过《哲学汇刊》的可能性很小，但即使他接触到了这一段没有任何支撑插图的文字，仍有大量工作要做。就帕平那台诺斯画了草图、更先进的机器来说，假如纽科门知道它，就肯定很感兴趣，但它很可能晚于纽科门的实验计划开始的时间，并且它的设计比纽科门的设计要复杂得多。说真的，我们也许怀疑帕平究竟有没有让它适当运转过。

我们不妨列个单子，看看要制造一台成功的蒸汽机，纽科门必须发明什么，或在那之前，要进行一个实验项目，他需要什么。这也许不无帮助。他需要的东西大多简单。举个例子，泵筒和泵柄是已有技术的简单应用，锅炉基本上是一个大泡制器皿的热水锅。但是，其他东西可没那么简单。首先，尽管使用汽缸和活塞的思想可以追溯到居里克，但当时英国尚无把它们和蒸汽结合在一起的近期经验。其次，纽科门需要一种使活塞不漏气的方法。他用一个皮革垫圈和一层被注入汽缸的水来密封他的活塞。［约翰·莫兰（John Morland）已经于17世纪80年代设计了使用活塞的泵，但他的密封却大为不同。］其三，要是有压力计，当然好了。气压计是第一种压力计，但玻意耳和帕平曾在1682年出版的《新实验补编》中描述了一种复杂的压力计。至关重要的是，安全阀是必不可少的，其自身就是一种压力计。帕平曾经

发明过一个，并且在其1707年的设计中并入了一个（当然，也许不是爆炸了的那一种）。纽科门在他的机器里采用了帕平的一种安全阀（被称作傀儡瓣）。此外，他还需要一种技术，让活塞中的阀门通过机器自身的运动开合。

最后，还有一个必要条件。萨弗里的机器有个特点，就是小尺寸上的运行状况比尺寸放大后要好，因为随着气缸放大，气缸的体积增大比其面积块，因此冷却的效率降低。因此，当萨弗里建造一个模型时，他也许会误认为，他已经取得了突破。纽科门的机器正相反，动力与摩擦的比在小尺寸上最不利，并且会随着机器尺寸放大而变得越来越有利，因为汽缸体积（它决定了机器的动力）的增加比活塞的周长（它决定了摩擦量）要快。德萨居利耶和一个朋友后来建造了萨弗里和纽科门的机器的模型。尽管专业知识超群，但当看到萨弗里的机器在性能上比纽科门的机器好时，他显然大吃了一惊。纽科门肯定从一开始就明白尺寸问题，否则在他的第一批模型表现欠佳（因为它们必然如此）时，他就不会再坚持下去。他肯定从别的地方获取了这一知识。

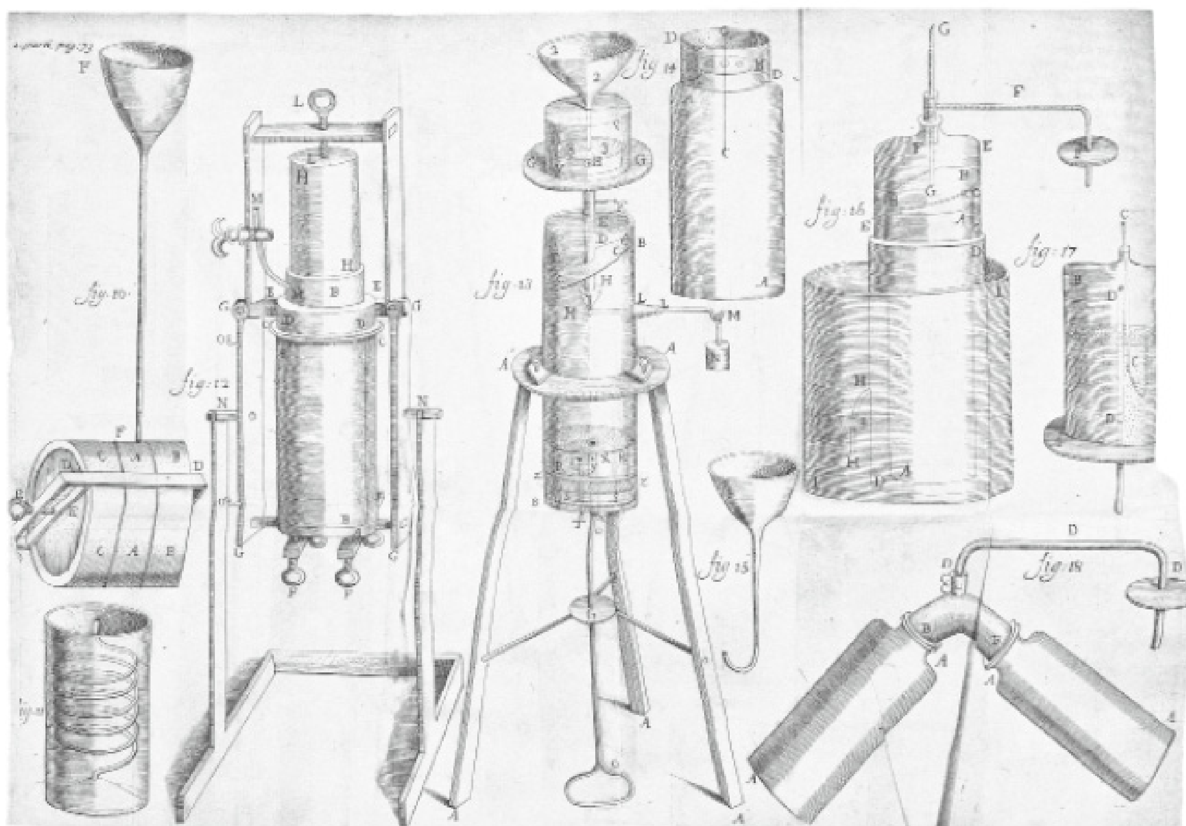
当然，纽科门有可能发明的东西并不止这些。他毕竟研制新机器长达14年左右，才决定将其公之于众。但是，值得知道的是，就在几年前，一种按照1/3的比例复制纽科门的机器的尝试遭遇了种种困难。即使方案不错，专业技术足够，知道最终产品有可能是什么，即使绝对确定它能够运转，但结果却是，修修补补了很久，才使得机器能够正常运转。在理想状态下，纽科门需要一个信息源来给他提供各种关键信息，好让他能够接下来全神贯注于找到装配一台工作机的方法。那原本足够让他在他的业余时间里忙个不停，一直忙上十余年。

5

还的确有这样一个信息源。与《哲学汇刊》相比，纽科门碰上这个信息源的可能性要大得多。蒸汽机历史学家忽视了这一信息源，因

为它没有探讨蒸汽机。说实在的，它被普遍忽略了，谷歌学者、汤姆森—路特斯科学网站上根本没有来自它的引文。你很容易认为过去那个世纪没人读过它，实际上它的作者很著名，并且从现存副本判断，它首版时销量还不错。我指的是《新骨头蒸煮器续编》（*A Continuation of the New Digester of Bones*），由丹尼斯·帕平于1687年出版。

帕平于1681年出版了他的新蒸煮器的首份报告。它是一口密封的夹层锅，可谓第一口压力锅。由于压力锅在压力下把水变成蒸汽，它蒸煮东西的热度比正常的沸水高，并且快得多，或者（在煮骨头的情况下）能把坚硬的物质蒸煮成软浆。（帕平的蒸煮器在历史上有着特殊地位，因为在1761或1762年，瓦特在做第一次蒸汽实验时，把一个注水器连到了一口帕平蒸煮器的安全阀上，制造一台原始蒸汽机。）《新蒸煮器》（*New Digester*）和《续编》往往被合编在一起。我们不难想象，在1687年，或在他开始研制蒸汽机之前的那10年里，纽科门要么获得了《续编》，要么两卷都获得了。他的动机应该很简单，即制造并销售帕平的设备有可能获利。此外，因为帕平坚持任何人都可以自由复制，没有申请任何专利来保护它，所以如果纽科门想通过它挣钱，不存在任何障碍。



帕平的1687年空气泵，来自《新蒸煮器续编》。

帕平的书的短名称对了解书的内容帮助不大。它的完整书名是“新骨头蒸煮器续编：它的改进，被应用海洋和陆地的新用法，以及空气泵的一些改进、在英国和意大利试验过的新用法”，信息量更大。这在一定程度上是一部关于空气泵的书（尽管空气泵和真空实验历史学家没有读过它），还给对帕平最近（和最后）的模型提供了插图和描述。帕平的泵包括一个带活塞的汽缸，那个活塞被一层水密封。帕平认真地描述了如何做到这一点。他使用的方法与纽科门最初使用的方法一样。当然，纽科门后来发现了一种更好的方法。就像纽科门的蒸汽机那样，那个汽缸拥有很多阀门和入口，它们随着活塞的运动开合。（帕平是第一个制造自动阀门空气泵的人。）有一个由一个重物关闭的阀门，不过在此情况下，它不是安全阀。然而，帕平描述了这样一种阀门的运转。于是，蒸汽机阀门的基本技术就被展示出来了。

这是因为，那种技术和空气泵技术是重叠的。正是因为这些重叠，帕平才得以继续，在三年后建造了第一台蒸汽机。注

但是，《续编》的内容并不只这些。它给读者提供了一种思路，这种思路引领帕平发明了蒸汽机。他是这么说的：

我也许可以把一种力量列入这一机器［空气泵］的用途之中，它能够在不受大重物阻碍的情况下产生很大的效果。如果制作一根很均衡、好用、很轻的管子，除去里面的空气，那么它就能够承受大气的压力。然而，如果管子的一头正好有个塞子，那么它就会被一种非常大的力量压向另一头，至少在那根管子直径相当大的情况下是这样。举个例子，如果它直径1英尺（约0.3米），那么塞子承受的力量将达到约1800磅（约816.5公斤）。声望很高的居里克先生第一个尝试了把那种力量应用于通过一杆枪发射铅弹［原文如此］，就像在他的空气力学机器之书的描述中可以看到的那样。我从那时起也付出努力，想给他的发明增添某种东西，就像在1686年1月的《哲学汇刊》中也许可以看到的那样。从那时起，我已经计算出，如果一颗直径1英寸（2.54厘米）的铅弹被这样从一根长4英尺（约1.2米）的圆筒中射出，那么它的速度应该达到128英尺（约39米）/秒。但是，如果一颗直径1英尺（约0.3米）的子弹也达到那样的速度，那么它就应该用空心铁来制造，从而使其重量仅为37.5磅（约17公斤）。这是因为，如果用纯铅制造，它的重量就会达到450磅（约204.1公斤）左右，从而在通过约4英尺（约1.2米）的圆筒的过程中，它的速度只能达到32英尺（约9.8米）/秒……子弹穿过的圆筒的末端必须用某种东西封住，并且这种东西不仅要足以承受大气的压力，还要承受子弹的路径也带走的它的一些力量。

帕平在这里描述的是一种由大气压力提供动力的风枪。但是，很显然，由于这一装置要求子弹击出一个洞来逃离圆筒，所以不适用于任何实用目的。

他描述的也是一种由大气压力提供动力的活塞。他处在发明大气蒸汽机的临界点上，但这里的真空是由他的泵创造的，而非蒸汽的凝结。然而，他的确重复描述了怎样把水用于一个充满蒸汽的容器的外面，以便促成迅速的凝结（不过他在自己的蒸汽机上从未采用过这一技术），并因此创造一个真空。如果纽科门阅读了帕平的文字，那么纽科门只需根据现有资料，推断出帕平接着究竟会怎样做，获取一台蒸汽机的基本设计。如果帕平做不到这一点，那么凭什么纽科门也不能做到呢？此外，帕平还向读者介绍了尺寸问题。如果你把枪的尺寸放大，那么它的效率就会降低，因为子弹的重量的增加快于其末端的面积。如果有人深思了这一点，那么他就有可能领会到，由于管子的直径增加了，子弹重量的提高可以通过减少在摩擦中丧失的能量的比例得到部分弥补。

纽科门的蒸汽机有点儿像侦探小说里房门上锁的房间的情节。在房门上锁的一个房间里，有一具死尸，那么凶手是怎样进出的，他使用的武器是什么？我们的困惑在于，纽科门在1698年前后在达特茅斯，我们找不到他获得蒸汽机知识的途径。就像房门上锁的房间之谜那样，如果我们能够找到一种解答，那么一切都将迎刃而解。当然，我们无法排除纽科门于1687年去了伦敦并会见了帕平的可能性。帕平的确做广告说，他可以在每个星期的某个特定时间向人展示他的蒸煮器。不过，他很快就离开了英国。但是，我们不需要设想这样一种会见。就如何控制大气压力来制造一台机器而言，有《续编》在手，纽科门就能够知道帕平知道的几乎一切知识。各种部件都在那里摆着。他所需要的做的是找到把它们组装起来服务于一个新目的的方法，不是去创造一支枪，而是为一台泵提供动力。由于《续编》就如何建造帕平的蒸煮器的一种改进模型做了说明，它正是一个小地方的五金商人和小规模生产的制造商可能一直在寻找的那种书。纽科门可能希望从它里面寻找的最后一种东西，也就是他可能一直在寻找的最后一种东西，是对一种能够在不受重物拖累下产生巨大效应的新型力量。我相信，蒸汽机正是从这场不期而遇中产生的。

在第一部关于蒸汽机的主要著作中，德萨居利耶坚持认为，蒸汽机涉及的一切伟大进步都出于偶然：

> 自纽科门先生和考利先生首次制作带一个活塞的火机器以来，火机器几经改进。如果读者不了解这方面的历史，那么他难免会认为，这必然要出于大智慧和对哲学的透彻了解，这些对被提到的不便和困难情况的适当改进是想出来的。但是，根本没有这回事，几乎所有改进都出于偶然……

德萨居利耶措辞谨慎。他说那些改进出于偶然，但在首次制作带一个活塞的蒸汽机的行为是否需要对哲学有透彻了解这个问题上，他让他的读者自己决定。它肯定需要某种哲学，和某种流传下来的技术。我认为，这二者都是帕平的《续编》提供的。

说真的，当德萨居利耶解释纽科门的机器的工作方式时，他做了一个值得注意的举动。他请求你想象一种机器，其中“一位哲学家”用空气泵在活塞里制造了真空，然后他才描述纽科门的设计，其中蒸汽在活塞里被压缩以制造真空。这位哲学家肯定不是纽科门，但我认为德萨居利耶肯定凭直觉意识到了唯一可信的纽科门的机器的发明路径。纽科门曾经综合各种知识来制造蒸汽机，而为了解释其工作方式，德萨居利耶则把纽科门综合的知识拆开，重新发明了帕平的大气风枪。

就科学究竟给工业革命做出了多大贡献，历史学家长期争论不休。答案是，科学的贡献远比他们愿意承认的要多。帕平曾经和那个时代最伟大的科学家中的两位一道工作，即惠更斯和玻意耳。他是皇家学会会员和数学教授。在1687—1707年的20年里，他为建造一台可用的蒸汽机而努力，但最终失败了。我觉得，纽科门继续了帕平的努力，但不是从帕平结束的地方（即他改进的萨弗里的机器），而是从帕平开始的地方开始。在这么做的过程中，他继承了17世纪产生的一

些最先进的理论和最复杂的技术。正是有了这些东西，才使工业革命成为可能。科学先行，技术接踵而至。注

---

1. 乔瓦尼·安布鲁瓦兹·萨鲁伊［Giovanni Ambrosio Sarotti（或Sarrotti）］于1679年12月1日当选为皇家学会会员：Hunter，The Royal Society and Its Fellows（1982），no. 356。

2. 绝大多数早期大型时钟都是由重物驱动的。这些重物会慢慢下降。老爷钟必须高，以便给重物留下下降的空间。重物的下降由一种擒纵装置调整。在钟摆之前，正是这一调整的不精确导致了误差。

3. 帕特里克想到的是由弹簧驱动的小型时钟，但他所使用的复数形式暗示，他尤其想到了既有主弹簧也有平衡弹簧的钟（或表）。平衡弹簧是胡克于1658年发明的，把钟表原理应用到了较小的空间和手腕上的运动。

4. 1627年，艾萨克·贝克曼及其助手计划了一个研究项目，欲利用模型确定垂直水车和水平水车的相对优点。但是，没有证据显示，他们实际上实施了他们的计划：Berkel，Isaac Beeckman（2013），38—39。

5. 卢卡锡职位确立于1663年，但货币价值在此期间几乎没有变化。当然，现代薪水还要将雇主的养老金缴纳款和其他费用计算在内，因此无法与17世纪的薪水直接比较。

6. 如果由机器驱动的水车也将象明轮翼那样运转，为船只在水中航行提供动力，那么这也是不可能的。从原则上讲，你可以把这两种功能分离，通过一个驱动带把水车和明轮翼连接起来，也可以把水从水车那里循环回机器里，但如果水车在甲板上，它就会捕捉到风，像一面帆那样运动，结果船就不可能驾驶，并有可能倾覆，除非它又是一艘很大的船，通风口很深。

7. 霍尔写道：“玻意耳的空气泵（1658）……是后来一切依赖一个完全适合于一个真正的汽缸的活塞的机器的前身……”（Hall，“Engineering and the Scientific Revolution”，1961，337）。

8. 当然，蒸汽机自身也激发了新的科学。这是因为，直到萨迪·卡诺以其《关于火动力的思考》（Reflections on the Motive Power of Fire，1824）创建了热力学，蒸汽机的工作方式，尤其是先进的博尔顿和瓦特的蒸汽机的工作方式，才得到了彻底解释。

结语　科学的发明

历史活动，例如科学活动，怎样才能够产生独立于历史、摆脱与时间和地点的一切联系，因而永远和普遍正确的超历史真理呢？

——布尔迪厄，《科学之科学》

（*Science of Science*，2004）

在结语部分，我们需要反思，去询问接受科学革命的现实的后果是什么。第十五章审视了相对主义者依赖的一些关键论据，证明他们没有做到他们被认为做到的那些事。第十六章讨论了认为任何科技革命史都是辉格史观或目的论（用现在的标准评判过去）的看法。本章的内容认为在反对辉格史的人眼里，任何历史变化都是不可描述的。第十七章通过审视蒙田的怀疑论，询问我们是否有权利主张我们知道的东西比他知道的多，结束全书。

第十五章　对自然的蔑视

萨尔维亚蒂：如果我们正在辩论的问题与某个法律观点有关，或与人文学科的其他学科中一个学科的观点有关，由于那里无所谓真理或谎言，那么我们就能够有理由依靠知识的微妙，依靠流畅的语言，依靠阅读的广度和深度，并且希望无论谁在这些方面有优势，都会成功地使他的观点显得更牢靠并被接受。但是，在自然科学中，它们的结论真实而必然，人的见解无关紧要，你必须小心谨慎，以免支持错误，因为即使有1000个狄摩西尼（Demosthenes）和1000个亚里士多德。他们也将发现，他们敌不过一个幸运地将他自己和真理联系起来的平凡知识分子。因此，辛普利西奥先生，放弃你有的那种思想或那种希望吧，即和我们相比，有些人受过的教育要好得多，老于世故得多，拥有的书本知识多得多，他们能够藐视自然，把虚假变成真理。

——伽利略，《关于两大世界体系的对话》，1632年

1

让我们重回本书开头博尔赫斯的评论，即莎士比亚没有历史感。他阅读古典作家的作品时，把他们当成了同时代的人。他有大量的变化体验，时好时坏，但没有不可逆转的变化的观念，没有进步观念。这几乎没什么可奇怪的，因为在他的世界里，几乎不存在进步的证据。当莎士比亚于1613年从舞台上隐退时，培根仅出版了一部关于新科学的著作，即《学问的进展》（1605）。伽利略也只是在三年前才公布了他的望远镜发现。但是，从那时起，进步就不曾间断。约翰·斯图亚特·密尔（John Stuart Mill）认为，经济发展的主要驱动力之一是“持续不断的人对自然的控制力，就人所能预见到的情况来说，这种

力量是无限的”；（正如我们在第十四章中看到的那样），这种力量源自不断增加的科学知识。我觉得没有理由修正他的观点。

各种各样的禁忌围绕“进步”这个词的使用发展了起来。说真的，它已经变成了一个再也不能被用在人文学科中的词了，否则使用者就会遭到皮埃尔·贝尔所谓的“舆论的法律”的惩罚。这在学术界的确意味着一种严重制裁，因为它意味着使用者职位不保，得不到晋升。注因此，让我强调一下，我在这个问题上的观点和众多进步思想最激烈的批评者的观点一致。在一部副标题为“反进步和其他错觉”的书中，哲学家约翰·格雷（John Gray）说：“在科学中，进步是一个事实；在伦理学和政治学中，它是一种迷信。科学知识的加速发展引发了技术创新，使新发明的溪流涓涓不息。它存在于最近数百年来人类数量大量增加之后。后现代思想家也许会质疑科学进步，但它无疑是真实的。”

在过去，这种观点完全是老生常谈。正如美国科学史协会及其期刊《伊西丝》（*Isis*）的创始人乔治·萨顿（George Sarton）在1936年所说：“科学史是唯一能够阐明人类的进步的历史。事实上，在科学领域之外的其他领域，进步没有确切的、无可置疑的含义。”这样的表述已经让萨顿成了这样一个人，人们引用他的话只是为了证明我们曾经有多么天真。亚历山大·科伊雷的声望要比萨顿好一点儿，但他在一年前表达了完全相同的观点。他主张：科学史是“唯一让我们感受到那种经常被赞誉又经常被责难的进步思想的历史（以及与它相伴、与它有关的技术史）”。

萨顿和科伊雷是对的。一部没有进步的现代科学史不能捕捉到科学独一无二的特征。此外，最好的所谓“相对主义者”也明白这一点。库恩否认科学取得了迈向真理的进步，注否认科学有权主张掌握了真理，但他一直坚持应该为科学中的进步的思想找到一席之地，尽管他难以解释为什么要这样。《结构》最后一章被取名为“通过革命的进步”。在这一章里，他写道：“只要科学事业存在，那么一种进步将不

可避免地成为它的特征。”他接着主张，必须从进化的角度来理解进步。理查德·罗蒂是实用主义最大胆的捍卫者，坚持认为，不存在我们可以构建一种不容置疑的知识的认识论基础。但是，他也崇拜库恩，像库恩那样承认科学以它自己的方式取得进步。他说：“如果说我们认为我们正在朝着正确的方向前进，那只不过是像库恩那样说，凭借后见之明，能够把过去的故事当作一个进步的故事来讲。”一种旨在预言和控制的知识在预言和控制上做得较好。进步是故事的一部分。这本书的目标并非库恩和罗蒂温和的相对主义，而是强悍的相对主义。强悍的相对主义把科学进步呈现为一种错觉，实际上是误解科学家发生分歧时产生的情况造成的。公众和科学家自身认为，证据的质量决定了结果。如今，我们则被告知，决定结果的是争辩者的地位、权力和言辞技巧。

2

这种对科学知识的偶然性、局部性特点的强调受到所谓的迪昂—奎因命题的支持。很多人认为，这一命题是非常重要的哲学论点。它是以两个人的姓氏命名的，分别是物理学家、科学史家皮埃尔·迪昂（Pierre Duhem，1861—1916）和美国哲学家W.V.O.奎因（W.V.O.Quine，1908—2000）。这一命题的命名有误，因为就像它通常被系统表述的那样，迪昂并不持有它，奎因则放弃了它，但它是众多现代科学史和哲学的基本概念支撑。注

这一命题采用了两种形式。其一，有人主张，科学理论无法被实验驳倒。它不仅不能被一种实验（无论重复做的次数有多么频繁）驳倒，也不能被一整套不同的实验驳倒。科学理论是复杂的东西，因为它们是由理论、事实、设备不可分地联系在一起形成的。如果一种实验产生了与理论矛盾的结果，那么某种东西肯定错了。但是，你不能简单地说是理论错了。这一理论依赖的另外一种理论也许错了，某种被认为理所当然的事实也许错了，某种设备也许没有按照预想的运

转。其结果是，试验结果无法驳倒一种理论。这就是所谓的“整体论”。

但是，让我们以向美洲航行为例。这实际上是一次实验，并且是一次关键的实验，因为它直接驳倒了两球体理论。如果想依靠新科学拯救这一理论，那么唯一能做的是说所有航海家错了，美洲并不在他们所认为的地方。没人认为值得追随这一论证路线。这不会迷惑迪昂。为了应对现代物理学，他明确阐述了他的命题。他承认，这不适用于19世纪的生物学。

其二，有人主张，理论和事实的关系很松散。无论是哪一组事实，都会有无数的理论能够解释它们，正如无论是哪一组点，都可以划无数条穿过它们的线，把它们连起来。这意味着，尽管科学家们也许没有意识到，但他们永远不会被迫采用哪一种理论，因为总会有同样管用的替代理论。事实上，就我们所知，那些替代理论更管用。注不过，当然，事实和理论关系密切，什么可以被算作事实取决于你所持的理论，一种理论是否显得根据充分取决于你认为真的现实。这一事实和理论之间松散的、靠不住的、混乱的关系被称作非充分判定原则。

对非充分判定原则来说，朝着美洲航行的例子也提出了问题。我们已经看到，尽管博丹提出了一个替代水陆球体理论的选项，但它根本不符合实际情况，没有一个人支持它。水陆球体理论不是非充分判定的。在这一情况中，理论和事实之间的关系很紧密，并不松散。金星的相同样真实，一旦它们的存在得到承认，就不可避免地得出金星围绕着太阳转的结论。

当诉诸迪昂—奎因命题时，整体论和非充分判定原则就会被求助。标准的观点是，这一命题证明，证据并不决定科学家认为真的东西。其结果是，有人声称，科学信条主要是由文化和社会因素塑造

的。如果科学基本上是由文化决定的，那么就会得出下面这个已经广为人知的结论，即其程序和结论将反映一种纯粹局部的共识。[注]这一信念又提供了一个理由，让人坚持相信不存在“17世纪科学革命”这样的东西。我们要明白，科学在佛罗伦萨是一种东西，是某种与在巴黎或伦敦极为不同的东西。书籍历史学家寻求弥补那种明显的瑕疵，即伦敦的科学家在读佛罗伦萨和巴黎的科学家写的书，因而属于一个知识群体。于是，他们就主张，书籍对不同的读者意味着不同的东西，因此17世纪40年代在佛罗伦萨读伽利略的著作与17世纪60年代在伦敦读他的著作大为不同。

这种地方性含义和普世性信息之间的差别完全合理。你只要掌握好平衡即可。伽利略也许从未离开过意大利，但他有英格兰和苏格兰学生，他的《两种新科学》首次出版于莱顿。威廉·哈维发现了血液循环，在帕多瓦研究医学。勒内·笛卡儿从法国移居到了荷兰，克里斯蒂安·惠更斯从英国移居到了法国。罗伯特·玻意耳也许在牛津和伦敦度过了他的工作生涯，但他去过意大利并学习了意大利语，他的助手丹尼斯·帕平在法国、英国、意大利、德国工作过。当然，几乎所有早期科学家都共享一种语言。伽利略于1632年用意大利语出版了《关于两大世界体系的对话》，但它于1635年出现在拉丁语中。玻意耳于1660年用英语出版了《关于空气喷泉的物理—机械新实验》（*New Experiments Physico-Mechanical Touching the Spring of the Air*），但它于1661年出现在拉丁语中。牛顿于1704年用英语出版了《光学》，但它于1706年出现在拉丁语中。在1660—1700年当选的550位皇家学会会员中，72人是外国人（外国人的比例在18世纪又增加了，达到了1/3）。新科学不知道语言或国家边界，至少在西欧是这样，在印刷机、火药武器、望远镜和摆钟的世界里是这样。

一种对迪昂—奎因命题的折中解释导致了一种混合结构主义。在这种结构主义中，证据和文化在科学信条的建构中各自发挥作用。库恩的《哥白尼革命》（1959）提供了这方面的一个例子。在库恩看

来，哥白尼学说在望远镜被发明之前战胜了其他替代体系（托勒密体系和第谷体系），但这不能仅仅从哥白尼体系在数学上的优美来解释；其他文化因素也很重要，如新柏拉图主义，它可能鼓励人们去崇拜太阳。[注]牛顿愿意接受超距作用思想，是另外一个例子。对笛卡儿派来说，牛顿的引力理论毫无意义。但是，在英国，对引力理论的抵制要微弱得多。这是因为，在英国，笛卡儿学说从来未被毫无保留地采纳，出自设计的观点被普遍接受。不过，一旦科学得以确立，它就有了很大程度的自主性，不受其他领域的影响。塑造了科学的文化首先是，也主要是科学文化自身。于是，由于熟悉吉尔伯特对磁铁的研究，开普勒就能够把磁力当作一个模型来用，并以此为基础确定了他的行星运动定律。吉尔伯特使开普勒能够设想一种基于物理学的天文学，而非仅仅基于几何学。于是，在英国，牛顿可以提出他的引力理论。但是，这只是因为他已经拥有了（不同于笛卡儿学派）理论观念，即一种不只是假说但又远不能验证的东西。

对迪昂—奎因命题的不妥协解释导致了一种结论，即科学完全是一种社会建构，或至少应该把它当作一种社会建构来研究；现实（多瑙河的源头、美洲的存在，金星的相）与历史学家、社会学家无关。如果这是正确的，那么接下来就没办法区好的科学和坏的科学，因为所有理论都同样不充分，或者需要被认为同样不充分（这曾经被称作“认知平等主义”），因而讨论科学中的进步是没有意义的。[注]我把这称作相对主义。[注]这种不妥协的解释曾在相当长的一段时间内主宰了科学史中的立场。这恰恰是因为，如果这样解释迪昂—奎因命题，那么它就要么无法应对两球体理论的消亡，要么无法应对托勒密地心说的消亡。对那些相信这一命题的真理性的人来说，这些关键的历史事件是无从察觉的。它的提倡者的行为无异于哲学家恺撒·克里莫尼尼（Cesare Cremonini）拒绝透过伽利略的望远镜进行观测。只要他们无视任何不符合他们的理论的东西，那么即使证据证明他们错了，他们仍可以坚持他们的信念。

3

相对主义方法不仅被用于理论，也被应用于事实。说真的，这二者往往难以区别。按照伊恩·哈金的看法，就连在一些基本的测量上也未必存在一致，例如光速。他声称证明了这一点。他指出第一个测量光速的人提出的数字和我们现在依靠的数字差距很大，于是觉得有权认为那种主张在光速上的一致不可避免的观点是“可怕的”，并对其加以摒弃。事实上，那种“可怕的观点”是（十分有悖于常态）哈金的观点。要弄明白这一点，我们只需要看着证据。

遵循公认的惯例，哈金把天文学家奥利·罗默（Ole Rømer，1644—1710）呈现为测量光速的第一人。实际上，罗默从来没有计算过光速。他的目标是确定木星的卫星的周期精确数值（那些卫星的食被用来设定一种标准时间，然后根据这一标准时间来测量地的表面不同地方的经度）。罗默根据一组非常少的观测数据得出结论说，当地距离木星最远时，食发生的时刻似乎比距离最小时推迟了22分钟。于是，光要花22分钟才能穿越地的轨道的直径，或花11分钟穿越地的轨道的半径（即从太阳射到地球上）。那些认为罗默测量了光速的主张有赖于引入一个表示这一距离的数值，而罗默从未这么做过（也没有理由认为，他认为他可能用过的任何相关数字都是可靠的）。[注]对光速的直接测量晚得多，要到19世纪了。下面两个对照表概述了这两类测量的历史。

光从太阳射到地球所花时间表

日期	测量者	方法	时间
1676年	罗默	木星的卫星	11分
1687年	牛顿[1]	木星的卫星	10分
1693年	卡西尼（Cassini）[2]	木星的卫星	7分5秒
1704年	牛顿	木星的卫星	7分或8分
1726年	布拉德利	恒星光行差	8分12.5秒
1809年	德朗布尔（Delambre）	木星的卫星	8分13.2秒
现代数值			8分19秒3

1.牛顿的数值并不是基于独立的测量，而很有可能是出自他对那一时间的判断。

2.卡西尼从不接受光不是被瞬间发射的，但他像罗默那样，提出了一个数值，用于计算木星的卫星月食的时间测定中的校正。这一数值被其他人接受为光速的数值。

3.这一数值是个平均数，因为地球的轨道是椭圆的。

光速表

日期	测量者	方法	时间（千米/秒）
1849年	菲佐（Fizeau）	转动齿轮	313000
1850年	傅科（Foucault）	旋转镜子	298000
1875年	克努（Cornu）	旋转镜子	299990
1880年	迈克耳孙（Michelson）	旋转镜子	299910
1883年	纽科姆（Newcomb）	旋转镜子	299860
1907年	罗萨（Rosa）和多洛西（Doresey）	电磁常数	299790
1926年	迈克耳孙	旋转镜子	299796
1928年	米特尔斯腾德（Mittelstaedt）	克尔盒快门	299778
1932年	皮兹（Pease）和皮尔森（Pearson）	旋转镜子	299774
1940年	胡特尔（Huttel）	克尔盒快门	299768
1941年	安德森（Anderson）	克尔盒快门	299776

续表

日期	测量者	方法	时间（千米/秒）
1950年	埃森（Essen）和戈登史密斯（GordonSmith）	谐振腔	299792
1951年	伯格斯特兰（Bergstrand）	克尔盒快门	299793
1958年	弗鲁姆（Froome）	射电干涉测量	299792
现代数值			2997921

1.这现在按照定义是真实的，因为自1983年以来，米的长度是根据和光的关系来设置的，而非相反。

从这两个表可以得出两个结论。第一个结论是，就光从太阳射到地球所需时间而言，在罗默第一次估计为11分钟17年之后，就有了非常可靠的数值。第二个结论是，对光速的测量一直在稳步提高，直到1928年；接下来，在大约20年的时间里，它们围绕着一个现在看来稍

微不精确的数值；然后，进步在1950年重新开始，因此当时的测量数值差不多一样。㊟

使哈金的观点“可怕”的东西是，他单独挑出一个数字，并且把它排在长长的光速测量序列的第一位。此外，罗默给出的光从太阳射到地的时间的数值是一个非常粗略的估计！但是，科学不是一种由孤立的个人从事的业。正如在第八章中所论证的那样，它是一种集体事业，是由竞争（与合作）驱动的。实际上，皇家天文学家约翰·弗拉姆斯蒂德注意到，在公认的权威卡西尼和新星罗默之间，存在“竞争”，甚至厌恶感。随着时间流逝，竞争确保了进步。当然，竞争是不完美的，科学家也许会在一个时期走上错误的道路，但随着时间推移，好的结果会驱逐坏的结果。㊟有人主张，就光速来说，如果一个外星社会拥有足够先进的技术，那么它提出的数值几乎和我们提出的完全一样。这个主张完全合理。光速问题不是一个为了娱乐一位理论物理学家而被随意发明出来的问题，它对任何为了精确预言行星天体未来表观位置的而从事天文学的人都适用，无论他们的目的是占星术、测时法（罗默就是如此），还是空间航行。㊟

4

为了回应这一观点，一个相对主义者会说，没有理由认为科学家在测量光速问题上做到了完美，他们只是在就如何测量光速问题上不断达成一致。这种说法完全是虚假的，因为对光速测量的一个检验方法是，当把它和开普勒的行星运动结合起来使用时，它能不能使你预言行星在天空中的表观位置。罗默没有通过检验，现代数值通过了。此外，西蒙·谢弗的论文《玻璃制品：牛顿的棱镜和实验的运用》（*Glass Works:Newton’s Prisms and the Uses of Experiment*，1989）也是这种论点的一个典型例子。谢弗主张，牛顿并不像传统的说法那样，通过实验证明白光是由不同色彩的、可折射程度不同的光线构成的，因为除了在任意的、不合理的条件下（例如，使用在英国制作的棱

镜），他的实验不能够被成功复制。牛顿所谓的发现只不过是将其自身强加给了科学群体，因为获得了“社会实验权威机构的控制”。他的权威变得“压倒一切”。我们相信牛顿的色彩理论不是因为实验证据，而是因为无视它。我们相信它，因为牛顿成功地将其自身强加给了科学群体，实验于是为了产生需要的结果而被“上演”。牛顿的实验如今被预先包装，结果它们可以被可靠地复制，以教育学生。但是，这是因为设备经过了设计，可以产生需要的结果。

你也许认为，谢弗或他的读者会认为这些观点完全令人难以置信而加以拒绝。你也许认为，他们想知道那些各种各样依赖牛顿的折射理论和色彩理论的技术。例如，牛顿设计的反射望远镜，避免了光的不同色彩被折射的量不同的问题，造成了通过棱镜可以看到的物体周围的色彩阴影。再如，在谢弗发表他的文章时，彩色电视机已经被广泛使用了20年，能从红、绿、蓝中产生一套完整的色彩。恰恰相反，谢弗的观点被接受了。人们认为他证实了一个到那时为止已经被接受的科学运作方式理论。该理论认为，科学不是通过证据运作，而是通过权力和说服。他的论文受到欣赏，因为它似乎证明强理论可以被付诸实施。你可以像那些撰写我们现在认为是坏科学（比如说，炼金术）的东西的人那样，完全使用他们会用的那些知识步骤，撰写我们现在认为是好科学（牛顿新的光理论）的东西。不幸的是，为了产生需要的结果而被“上演”的不是牛顿的证据，而是谢弗的证据。1996年，艾伦·夏皮罗（Alan Shapiro）有条不紊地反驳了谢弗的观点。结果证明，有很多人成功地复制了牛顿的实验，没有遭遇困难，也不需要伪造结果。但是，自2000年以来，夏皮罗的论文每被引用两次，谢弗的论文就会被引用七次，并且差距在扩大，而非缩小。在过去四年里，夏皮罗的论文每被引用两次，谢弗的论文就会被引用十次。坏知识已经驱逐了好知识，至少暂时是这样。

谢弗的论文并非孤立的个案。有一大群知识分子在遵循谢弗遵循的传统，声称实验根本不能被简单复制。他们辩称，只要实验是真正

被独立复制的，就会产生不同的结果；要想学会获得“正确的”结果，你必须接受在非常罕见、特殊的情况下做实验的训练，而这首先涉及直接向过去那些成功做了实验的人学习。通过生产旨在准确获得结果的设备，实验最终可以被可靠地大量复制。就是说，设备和结果是互相依存的。这就是所谓的“暗箱操作”。一旦一个实验被暗箱操作了，它就再也不是对结果的检验，正确的结果反倒成了对装备可靠性的检验。因此，在那些以这种方式论证的人看来，整个复制概念都是误导的，实验知识根本不透明。因此，围绕实验展示的东西达成共识就成了一种说服人们按照你希望的方式行动和思考的社会过程，而非一种发现真实世界客观一面的公正过程。当然，如果你试图将这些观点应用到托里切利实验（对科学家的行为的影响超过别的任何实验），或者甚至应用到牛顿的棱镜实验、对光速的测量，那么它们就会陷入困境。

罗伯特·玻意耳概述了一种科学观。它不同于整体论和非充分判定原则的信徒提出的观点，也不同于不承认实验结果可以独立复制的人提出的观点：

经验已经向我们显示，有几个貌似非常合理、根深蒂固的见解，比如热带的不宜居性、世界的天空部分的固体性、血液通过血管（不是气管）被从心脏传导到身体的外在部分，它们通常是出自需要。如果它们和新发现不一致，就会被全体聪明人抛弃。当然，没有谁会专门、有意地撰写对它们的反驳。因此，“那条证明自身是直的线也证明了什么线是弯曲的”。

换句话说，就像水陆球体和金星的相那样，一种新理论之所以迅速取胜，并且没有被抵制，往往是因为新证据真正消除了一切替代选项的生机。

5

如果相对主义者对科学的解释是正确的，那么每一次大的范式变化都应该伴着彼此竞争的知识群体的激烈争执。实际上，库恩认为，实际情况正是如此。一些范式变化是这样，但另外一些却是默默地发生的，就像玻意耳所说的那样，人们甚至都懒得撰写对旧理论的反驳。在首次遭到打击后，一支军队就几乎立即放弃了战场，其对手则宣布获胜，另一方的逃兵也加入进来。是什么造成了这一突然的变化呢？1507年，瓦迪亚努斯主张，亚里士多德并非什么都懂，他也是容易犯错误的人（多瑙河源头的问题立即引发了争议，但两球体理论也处在了危险之中）。这一主张太显而易见了，在我们看来无关紧要，但对瓦迪亚努斯的同时代人来说，它根本不显而易见。为什么亚里士多犯了错误？因为“*experientiae penuria*”（经验不足）。水陆球体理论在美洲被发现之后获胜，是经验对哲学演绎取得的第一次大胜，因而是一场革命的开端。㊟

但是，如果要依靠这样的例子来支持一种过于简单的关于经验的作用的观点，未免有些危险。我们也许会说，经验有三种。有时候，正如我们刚刚看到的那样，它证明了一些信仰为假，并在这么做的过程中立即施加了一种替代选项。有时候，它证实了已经被坚持的信仰（例如，1735—1744年，法国探险队前往秘鲁和拉普兰，对地球的形状进行测量，证实了牛顿学说）。有时候，它仅代表着在一条通向一种无法预见的结果的道路上迈出的一步。就第三种来说，有些是对科学问题的回答，也许曾经是对的，最终却是错的，但无论如何是朝着成功的答案迈出了关键一步；也有正确的答案，但其全部意义只是在更深入的经验的关照下才慢慢显现出来。库恩认为，如果一场革命性危机的结果不可预见，却一直在继续，那么就意味着，它无法凭借后见之明的优势得到解释。恰恰相反，就能够产生一种稳定的结果的争论来说，通过它的道路往往只有一条。正确理解它或许像找出一条走出迷宫的道路那样不易。

举个例子，在中世纪末期，威尼斯人因为从亚洲进口香料而变得富有。香料经过陆路从红海运到亚历山大里亚。威尼斯商人买香料是为了用船把它们运过地中海，而这意味着他们必须为此付出高昂的代价。葡萄牙人希望削弱威尼斯，于是开始寻找一条绕过非洲去香料岛屿的航线，并最终成功。荷兰人效仿他们，通过香料贸易奠定了一个伟大商业帝国的基础。哥伦布寻找一条向西的航线，但他的继承者发现环航南美危险且耗时。作为一条通向亚洲的商业航线，他的发现结果是一种失败，但在南美发现金银不只是弥补了这一点，还有所超出。17世纪初，法国探险家塞缪尔·尚普兰（Samuel Champlain）认为他可以找到一条通过水路跨越加拿大的路线，从圣劳伦斯河逆流而上，经过五大湖，并且继续。他把中国朝服放在他的独木舟里，以防遇到来自东方的中国代理人。他的跨大陆线路也是一种失败。直到1794年，一些船只还在找一条西南通道，但一无所获。

在这里，我们可以根据一种不断变化的地理知识背景，尝试对同一问题做出一系列回答。实际上，那是一种找到一条更好的通向亚洲航线的尝试，而亚洲在改进那种知识上是主要的推动者。正如事实所证明的那样，在15世纪末和19世纪末之间，找到一条新航线一再失败。不可能事先知道结果会是这样，但我们可以确信（而他们不能），哥伦布不会抵达中国，尚普兰将永远不会遇到来自中国宫廷的使节，（在全球变暖来临之前）寻找一条商业上可行的西南通道注定要失败。到了1800年，一切可能的替代选项都被消除了，通向亚洲的最佳路线问题终于被解决了（至少在苏伊士运河于1869年开通之前是这样）。

这样的路径依赖例子是规律，不是例外。一旦哥白尼暗示地不是宇宙的中心，只是一颗绕着太阳转的行星，人们就注定会为它有可能是哪类行星而伤脑筋。在亚里士多德的宇宙中，地是光的接受者，但不发光。人们很容易想象俯视地，但将要看到的是一个微型的地。出人意料的是，就从天空看地会是什么样子，亚里士多德派的哲学家进

行了激烈的讨论。但是，没有人把它想象成夜空中最明亮的星星之一。库萨的尼古拉曾经把地变成了一颗真正的恒星，但却付出了把太阳变成一个地的代价。几乎没有人打算追随他。尽管迪格斯和贝内代蒂是哥白尼派，但他们也认为，从远处看地球，地球将会是一颗黑暗的行星，因为它只接收光，不传播光。莱昂纳多、布鲁诺和伽利略意识到，如果从月球上看，地球会像一个巨大的月亮。他们承认，当新月出现时，你可以看到它正在被地球照亮。在读过伽利略的著作后，哈里奥特把这命名为了"地照"。时至今日，我们仍在使用这一名称。伽利略设计了一些初级实验，以证明地球会反射光，陆地反射的光要多于海洋（月光之所以通过反射光而如此闪亮，原因就在于此）。1610年，他把他的新望远镜转向金星，发现它有相，从而证明它也是通过反射光而发亮。不仅如此，它有一整套相，证明它绕着太阳转，就像在哥白尼体系和第谷·布拉赫体系中那样。到了此时，如果从金星上看，那么地球显然是天空中最明亮的星星之一。

于是，哥白尼学说提出了一个简单的问题，即地是哪类行星。在全部考察了对这一问题的回答后，只有一种回答被证明是可靠的，即所有行星都通过反射光发亮。这一回答确立其自身花了70年，但一旦望远镜被发明并变成了一种科学仪器，就成了唯一有生存机会的回答。这一回答在1543年完全是不可预知的，但在1611年后则变得完全不可避免。

一旦一个科学问题被列入了一个科学家群体的日程，变得"活了"，那么在一个时期里，我们可以预计有一系列可能的答案受到考察。实际上，有时候所有可能的答案都会被提出来加以考虑。在这个较早的时期，在何为正确答案上达成一致也许是不可能的。但是，随着时间推移，一种稳定的共识就会出现，即一种答案是正确的，其他都是错的。这一共识不仅仅依赖一种言辞的或政治的赢得一致的过程，也依赖一种特定理论的支持者的能力随着时间推移而提高，能够反驳批评并激发富有成果的研究路线。一种"强健"或"坚定的回答"开

始被十分简单地视为正确答案。这并不意味着其正确性总是显而易见的，但粗心的历史学家和科学家经常如此暗示。不过，这的确意味着，其正确性变得不容置疑，至少在一个时期内是这样。

对跖地的发现直接通向了水陆球体的概念，但哥白尼学说则没有直接通向所有行星都靠反射光发亮的观点，望远镜必须参与其中。在承认托里切利管是一种压力计和大气蒸汽机的发明之间，不存在外来因素的介入。玻意耳定律是帕斯卡尔的多姆山实验的自然发展，大气蒸汽机是玻意耳定律的自然发展（即使建造一台能够工作的机器的技术难度相当大）。托里切利没有想象过蒸汽机，正如哥伦布没有想象过美洲。从气压计到蒸汽机的道路并不像从帕洛斯-德-拉-弗龙特拉到巴哈马的道路那样直或短，但道路就在那里，等着人去发现。

对西南通道的寻找或按照磁性模式解释行星运动的尝试虽然是错误的，但是有用。从一开始就注定要失败的科学事业不胜枚举，因为它们的参与者拒绝通过经验获知。与对西南通道的探索和开普勒的新天文学不同，把常见金属变成黄金的尝试和通过放血治疗传染病的尝试都持续了两千年，但都不管用，也的确没有产生有价值的新知识。相对主义方法的根本问题在于，要么使一切东西都能够起作用，在此情况下哲人石仍有可能被找到，要么一些东西永远不可能起作用，在此情况下一种外在的现实限制了哪些信条是有活力的，哪些是没有活力的。当然，“使起作用”是一种靠不住的概念，因为众多炼金术士认为他们已经目睹了常见金属变成黄金，众多医生认为他们已经通过放血治愈了他们的病人。人们为了自欺无所不用其极。美洲其实是亚洲的思想在一代人的时间内消亡了，而炼金术士的事业弹性则要大得多。

6

天真的实在论者，以及那些认为科学总是确立无可争辩的关于世界的真理（考虑到科学理论因为它们以之为基础的证据被修正而发生

剧烈变化，这一观点很难继续下去）的人，假定科学探索总是提出相同的问题，产生相同的答案。相对主义者假定问题和答案都无限可变。问题的确有可能变化，但有时候答案却不变。你不必向西航行，但如果你这么做了，最终会身在美洲。一旦你发现了美洲，如果你正在试图前往亚洲，那么寻找道路的探索会围绕着它展开。一个问题通向另一个问题，科学探索依赖路径。

有一种常识观点把这一思想推到了极端。它认为，一旦你着手回答一个问题，你将找到的答案就完全是事先决定的，就像哥伦布发现了美洲那样。就像一个木匠用英寸测量，另一个用厘米测量，但他们会就一张桌子的长度达成一致，因此一个火星人和一个地球人会就光速达成一致，尽管二人肯定拥有不同的测量单位。

于是，按照那种常识观点，如果存在地外生物，并且它们是智慧生物，那么他们的科学必然在和我们的科学重叠的地方达成一致。诺贝尔物理学奖得主斯蒂芬·温伯格表达了这一观点。他写道："当我们与来自另一个行星的生物接触时，会发现，他们已经发现了和我们拥有的物理学定律一样的定律。"科学因此是一种跨文化语言，任何文化原则上都能学会说它，任何技术上先进的文化都肯定已经学会了怎么说它。1974年，阿雷西博射电望远镜向太空播放了一个信息，支撑这一信息的正是这种假设。那个信息包括1—10的数字，氢、碳、氮、氧、磷的原子数量，DNA的核苷酸中的糖和基的分子式，DNA的核苷酸的数量，DNA的双螺旋结构，一个人的形象及其高度，地球的人口，我们太阳系的一个图解，阿雷西博望远镜的图像及其直径。它所基于的假设是，任何能够收到这一信息的地外智慧生命都会认出数学和科学，迅速搞清地球特有的信息。伟大的数学家克里斯蒂安·惠更斯于1673年发现了钟摆定律。他认为宇宙中散落着有人居住的行星。至他1695年去世时，他已经使他自己相信，整个宇宙都能认识到这一定律。

相反的观点是，科学是由一整套文化和社会因素塑造的。这些因素确保两个社会不能产生相同的知识，正如两个社会不能产生相同的宗教信仰。虽然科学知识好像是不可改变的真理，但实际上它不是。其结果是，两种不同的科学群体总是会产生截然不同的科学事实和理论实体；科学并非一种跨文化知识，而是一种地方性共识，为一个特定群体所特有。你也许认为玻意耳定律有点儿像新世界，等着你去发现。但是，文化决定论者不接受这一点。他们认为它更像一道招牌菜，如埃斯科菲耶（Escoffier）的蜜桃冰激凌，是一种非常特殊的地方性技术和文化的产物（如1892年的萨沃伊酒店）。正如蜜桃冰激凌、大虾冷盘等菜品已经成功地跨大陆传播并生存下来，因此一些科学原则被成功地传播了，而其他科学原则仍旧牢牢地系于它们的时代和起源地。

这本书寻求承认，这两种立场的提倡者都有一些好主张，也有一些坏主张。它不仅会批判相对主义者（由于他们的观点在科学史中更为盛行，因此对他们的探讨多了一些），也会批判实在论者。实在论者不在意相对主义以之为基础的证据，即跨越时间和空间的文化差异的证据、历史和人类学的证据。相对主义的反对者主张，我们都有某种常识性的推理能力，因此在我们看到较好的知识时，都能识别出它。这是他们的标准手段。他们认为，科学基本上是被系统应用的常识，或者就像卡尔·波普尔所说的那样，“可以说是浅显易懂的常识知识”。[注]在我看来，从常识角度解释科学不过是原地打转。很显然，存在一些基本的推理经验和模式，它们是普遍的，可以被认为在任何和所有人类文化中都是有效的。如果没有，那么跨文化交流就往往是不可能的。举个例子，每种人类文化中都有一些捕猎野生动物的经验。我们已经看到，古罗马律师把“*vestigia*”（足迹，最初指的是动物留下的踪迹）视为一种证据。就其词根来说，“investigate”（调查）有打猎时跟着踪迹的意思。我们的单词“clue”（线索）的含义在19世纪还是新的，指的是侦探寻找的某种东西。它是一种比喻，源自阿里阿德涅（Ariadne）使忒休斯（Theseus）逃出弥诺陶洛斯（Minotaur）的迷

宫的线。它暗示，跟着证据并看看它通向哪里根本不是新东西，侦探也是在跟随一种踪迹，就像忒休斯按照他自己的足迹往后退那样。所有人都能够从事追踪所要求的那种智力活动。不仅如此，当我们调查一个问题时，我们就像实在论者所主张的那样，投入了同一种活动，只是更为复杂。

但是（这是一个大大的“但是”），尽管存在一切人类社会所共有的跨文化一致，然而在绝大多数情况下，这对我们帮助不大。首先，尽管真正普遍的经验和思维模式也许少之又少，但每种文化都把其成员共有的经验和思维方式归化成了他们自己的地方性常识。尽管这一常识对别的地方的人们不是共有的，但对我们来说却是共有的。于是，G.E.摩尔（G.E.Moore）认为，相信外在现实是常识，但相信造物主上帝或永生不是，虽然这些信条对很多人而言似乎是常识。在实践中，可以被一个社会普遍共有且基本无异议的信条数不胜数。对常识的讨论通常不能适当区分这一概念的普遍定义和地方性定义。

就举一个例子来说吧。在整个中世纪和文艺复兴时期，经院哲学家追随亚里士多德，认为地自然是重的，倾向于向下，而火自然是轻的（我们也许会说，它拥有负重量），倾向于向上。气和水或重或轻，取决于它们发现自身所处的环境，取决于它们是高于还是低于它们的适当位置。亚里士多德派也坚持认为，固体比液体稠密、重。因此，冰比水重（因为它“更稠密”）。那么，它为什么漂浮呢？它漂浮是因为池塘上的冰是平的，水抵制它沉没。它们主张木头比水重，因为木头主要是由地元素制成的。他们会说，你可以用木头造一条船，但它必须是平（或至少是略平）底的。

中世纪的哲学家大多知道阿基米德的著作，但他们就是不承认他对浮力的解释是正确的。阿基米德好像主张一切物质都有重量并倾向于向下，并且对哲学家来说，这代表这一种根本的误解。当他们认为阿基米德无关而不予考虑时，他们认为常识在他们这边。他们自己对

世界的体验完全符合他们的主张。他们不知道他们的理论严重不符合现实。他们乘船航行，在浮桥上行走，跨过结冰的水坑，从来没有经历过任何似乎迫使他们去重新思考他们的理论的东西。然而，就像伽利略所说的那样，要检验他们提出的冰因为平而漂浮的主张并不难，只需把冰打成碎片，看看碎片是否仍旧漂浮。[注]还有就是，如果你把一块平坦的浮冰按到水下，它为什么会浮到水面上来?

如果你读一下哲学家对伽利略的回应，那么很快就会明白，他们认为理性、常识、亚里士多德的权威都站在他们一边，尽管他们的立场远非一致。一个人辩称，伽利略的冰之所以浮到了表面，是因为尽管纯冰比水重（这不会防止它漂浮，但会防止它一旦被浸入水中再浮出水面），但他的冰里面有气，而这解释了它不继续浸入水中的原因。其他人指出，伽利略的理论呈现了它自己的问题。伽利略诉诸感官体验，但感官体验证实（或他们声称如此），船只在远离岸边的水里浮起较高，在靠近港口时浮起较低。阿基米德和伽利略都解释不了这一基本事实，但亚里士多德派哲学家乐于报告说，一个亚里士多德派能解释它。（大型水体对船底的推动更大，于是问题解决了。）与此同时，他们在最根本的问题上莫衷一是。一个人认为木头比水重，另一个人认为轻；一个人认为水在其适当位置上没有重量，另一个人否认这一点；一个人承认水冻结时增大，另一个人则反驳它。但是，他们在一件事上达成了一致，即亚里士多德永远是正确的。

伽利略和他的对手之间有一个关键的不同之处。虽然双方都诉诸经验，但伽利略致力于一种实验项目。他的知识是一种应用知识，他们的不是。说到底，双方的不同在于，他们准备提出一些主张，并确信它们是真实的，但从未检验过（木头比水重，船只远离岸边时在水中浮起较高），而伽利略检验了他的每一种主张。他们没有办法就最基本的观点达成一致，反映了他们未能做试验。他们绝大多数都认为伽利略陈述的真相是事实，但希望伽利略接受他们自己与事实有关的主张，而他当然不打算接受。于是，他们凭借塞尼加（Seneca）的权

威报告说，叙利亚有一个湖，那里的水太稠密，连砖块都能漂浮在它上面。他们要求伽利略解释这一点，但伽利略认为那就是无稽之谈，没有解释的必要。他们对此感到愤慨，坚持人们应该相信“值得信任的作家，比如塞尼加、亚里士多德、普林尼、索林诺斯（Solinus）等等”。换句话说，伽利略和他的反对者之间的根本不同在于他们是哲学家，而他是一个数学家，并且正在成为一个科学家（而非一个反对者所主张的那样，作为一个数学家，却虚伪地自称是一个称职的哲学家）。

如果坚持说，亚里士多德及其追随者在常识上存在不足，或在世界运作的经验上有欠缺，就显得毫无意义了。按照他们自己的时代标准，他们的常识和经验都不少。他们缺乏的是正确的知识工具包。在这一情况中，他们缺乏的则是一种设计实验来证实（或者倒不如说证伪）理论主张的程序。他们之所以缺乏这一程序，根本原因在于他们认为它没必要。如果你从无争议的前提推导出必然跟随的结论，那么还有什么能错呢？如果依靠我们共有的共同经验，那么还有什么能错呢？于是，我们就陷入了一种困境。要么常识是难以名状、有延展性的，以至于一个群体共有的所有信条都能与常识兼容。要么如果你主张所有社会都缺乏常识，因为他们持有的信仰很容易被反驳，那么似乎就会存在一些社会，在大多时间内，它们内部根本没有人表现出常识。“常识”思想要么被证明太多，要么被证明太少。要么所有社会都拥有足够的常识来得过且过，在此情况下常识概念几乎无助于我们理解是什么构成了可靠的知识。要么只有符合我们自己的观点的主张表现出常识，在此情况下跨历史、跨文化的常识已经严重短缺。

苏珊·哈克（Susan Haack）写道：“就何者构成了好的、诚实的、彻底的考察标准来说，就何者构成了好的、坚实的、能够支撑的证据来说，我们的标准不在科学之内。在判断科学在哪里取得了成功、在哪里遭遇了失败上，在判断科学在哪些领域、在什么时候做得比较好或糟糕上，我们总体上正在求助于我们判断经验主义的信念或严格、

彻底的经验主义考察所凭借的标准。”我认为，她在这里混淆了两个不同的问题。没错，在我们的社会中，某些考察标准（其中包括经验主义信息的获得）并非科学所特有，而是被广泛共有的，但这只是因为科学革命，以及使其成为可能的更宽泛的文化转变，已经塑造了我们的整个文化。然而，如果我们认为在何者构成了一种被证明为真的信念上，在如何获得这样的信念上，我们和亚里士多德有共同的价值观，那么我们就真的错了。因此，问题在于，这里的“我们”是谁？用她举的例子来说，我们是（当代的）的历史学家和（当代的）侦探？或者，我们是和其他所有人共有一种特定常识能力的人？第一种解释在很大程度上是真实的，但并不太有效。第二种解释有效，却不是真实的。

此外，就怎样判断经验主义证据来说，不同的事业有不同的观念。玻意耳和牛顿相信常见金属可以变成黄金，但在应对其他经验主义问题上，他们是优秀的裁断者。16世纪的时候，让·博丹写了一部名为“轻松理解历史的方法”（*Method for the Easy Comprehension of History*，1566）的书。这本书往往被认为是现代历史推理的奠基之作。他还写了一本名为“论巫婆的魔鬼附体”（*On the Demon-mania of Witches*，1580）的书，主张到处都有巫婆，人类定期变化为狼。对他来说，这两套价值观似乎有相同的常识性。一个世纪后，托马斯·布朗发起一场反流行的虚假信念（例如，大象无膝盖）的战役，但他继续相信罗得（Lot，《圣经》中的人物）的妻子化为了一根盐柱，还（以其作为医生的职业能力）出现在一次巫术审判中，以证明超自然力量在起作用，从而保证了被指控者有罪。布朗是个相当明智的家伙，至少按照当时的标准是这样。我们也不会走得太过，试图主张他关于巫术的观点证明他没有能力就经验主义信条做出判断。如果在何者构成证据上他的观点不同于我们，那只是证明“常识”随着文化的不同而变化。

要考察我们现代的常识观念（就像被应用于科学和其他经验主义探索的那样）的诞生，我们必须再次转向伽利略修正阿基米德原理的例子。和几天前还在得到错误结果的他相比，获得正确结果的伽利略大体上没有变化。发生变化的是什么呢？答案很简单，他已经开始了一种检验、提炼他的理论的实验项目。他从漂浮的乌木片这一反常现象开始，发现了漂浮的针这另外一个反常现象。作为一种结果，他已经尽其所能来理解表面的矛盾。他也着手阐释应用中的阿基米德原理，结果发现了一种更深入的反常想象，即水的重量能够托举比它自身大的重量。他大胆当地回转过来，重新分析了阿基米德原理，并且修正了它。然后，他用一个截然不同的实验验证了他的新理论。这种理论和证据、假说和实验之间的往返运动已经显得如此常见，所以我们很难领悟到，伽利略在做某种全新的事情。他的前辈做的是数学和哲学，伽利略做的是我们所谓的科学。这一过程开始时的伽利略和结束时的伽利略之间的不同在于，和开始时相比，结束时证据被用于对观点施加更严格的限制，证据和观点以一种新的方式相互影响。在支持这样一种相互作用的过程中，伽利略有可能真的诉诸了他和我们都认为是普遍常识原则的东西，尽管他的实验做法和他的结论都是新颖的。但是，如果诉诸常识原则的做法撞上一些根深蒂固、已经被认为是无可置疑的真理的信念，那么它就永远是或然性的。参与一场辩论的所有派别都总是声称常识在他们一方。[注]伽利略试图让哲学家相信他比他们更明白物体漂浮的原因，但他似乎彻底失败了。

整场科学革命都被囊括进了伽利略关于漂浮体的小论文之中。优秀的科学家和数学家已经讨论那一主题达2000年之久。尽管哲学家和数学家严重对立，但他们的观点令人满意地符合日常经验，或至少他们认为是这样。理论也没有处在危机之中。在伽利略之前，称职的数学家都认为，就物体漂浮时发生的情况而言，阿基米德提供了一种完整的解释；称职的亚里士多德派哲学家都认为，就决定哪些物体漂浮而言，形状至关重要。可是，伽利略意识到，不仅冰比水轻，就连经

常漂浮的物体也没有在水中置换它们的重量。这肯定会让人大吃一惊，因为所有人都错了。

如果仅仅通过求助于某种地方性的、偶发的事件，通过求助于伽利略和一些亚里士多德派哲学家的争论（虽然这一争论的确发生了），我们无法解释这一知识革命的时机。当伽利略发明了液压机，正在就某种新的、实用的、只有称职的工程师才能处理的问题开展工作，他也不能就此做出解释。他不过是应对了一个老问题，即为什么一些物体漂浮，另一些沉没。如果他提出了新的答案，那是因为他采用了新方法，正在发展一种新的知识工具包。帕斯卡尔接着阐明了伽利略的新理解，并把它系统化了。他的情况稍有不同。他当时正在研究流体中的压力，为的是搞明白空气重量怎样支撑了气压计中的水银柱。（实际上，他正在发明压力概念。伽利略从重量的角度进行了思考，但没有从压力的角度进行思考。）帕斯卡尔的新水力学是他的真空实验的拓展，但伽利略就漂浮体做的工作在这方面并不具有路径特殊性。它并非从一个新物体中涌现，而是从一种新的做法和一种新的思考方式中涌现。

伽利略认为，在尝试理解漂浮体时，容器大小关系重大。亚里士多德也许难以理解这一观点，但阿基米德不会。那么，伽利略与阿基米德的不同是什么呢？如果阿基米容易理解这一新思想，那么它在什么意义上算是新的呢？首先，在伽利略生活的文化中，就连最权威的信条也可能受到质疑。这是哥伦布的遗产。伽利略生活在一个发现的时代。其次，伽利略正在建构一种新科学。在这种新科学中，至少在原则上，一切都服从于测量，就连鸭子入水时池塘平面的上升、船只下水时海洋平面的上升也是如此。这种无限趋于精确的测量源自第谷·布拉赫。在强化物理学中的证据和理论的关系上，伽利略把天文学家的做法向外推广了。[注]其三，伽利略可以效仿吉尔伯特。吉尔伯特细心操作实验装置，以确立新的、无可置疑的真理。哥伦布、布拉赫和吉尔伯特没有提供伽利略使用的论点。他们提供了示范，伽利略则有

足够的胆识加以模仿。他们没有直接对他的新水力学做出贡献，但他们帮助塑造的知识文化使那种新水力学成为可能。更准确地说，他们帮助塑造的是伽利略的知识文化，因为他的绝大多数同时代人仍乐于服从亚里士多德，对挑战正统信条不感兴趣。正如我们已经看到的那样，只是在帕斯卡尔的推动下，这一特殊的、异质的文化才开始被广泛接受，受到普遍尊重。

阿基米德相信，尽管海洋和船只的形状不是圆形、三角形、正方形，但真实世界时可以从数学角度加以解读。他确信，欧几里得几何比亚里士多德的三段论更有效。我们没有办法证明，在每一个可能的世界里，在理解世界上，数学家都比哲学家有优势。我们只能通过数学实践的成功来确定这一点，并且这还需要一种文化。在这种文化里，哲学家可以挑战哲学家的主张，成功了可以获得奖赏。但是，伽利略不只是阿基米德的翻版，还是一位实验科学家。没有什么东西能保证数学家会对采取这一更深入的步骤感兴趣。在16世纪的牛津，喜欢数学的哲学家已经假设落体持续加速，但他们没有做出任何努力，以通过实验证实这一理论上的可能性。这一工作被留给了伽利略。实际上，牛津哲学家已经假设色彩和温度可能在原则上是能够定量的，可能会随着速度的增加和降低而变化。他们没办法测量色彩和温度，正如他们没办法为了一切实用目的测量落体的速度。他们的推测纯粹是抽象和理论上的。它们适用于任何可能的世界，但不适用于我们真实的世界。他们研究理论中的机械学，但他们对机器没有实用兴趣。注

自12世纪起，阿基米德的著作就有了拉丁语译本；从1544年起，他的著作又有了印刷本。在伽利略之前，每个数学家都乐于思考在一片汪洋上漂浮的船只，但没人让船只模型漂浮在海洋模型中，并研究究竟会发生什么。最优秀的数学家十分满意于阿基米德原理。对他们来说，它似乎既前后连贯，又完整无缺。就阿基米德对物体如何飘浮

的解释而言，伽利略第一个把它变成了一种可以通过实验装置加以检验的理论。正是在这时候，那一理论被证明是不完整的。

伽利略用相应的装置来体现数学理论的决心是重要的。他甚至希望建构一种数学模型来阐释他的潮汐理论。伴着这一决心，伽利略的分析胜过亚里士多德甚乃胜过阿基米德的分析的一大优势显现了出来。这一优势是，伽利略的分析能够让你做出更为准确的预言和更为有力的控制，正如对布丁的证明存在于吃之中。接下来，当然，一度取得并被传播的成功被重新描述为常识，而我们则深信，任何明智的人都能看到，解决问题只有一种正确的方式（在这一例子中，则是伽利略的方式），就是要在归纳和演绎之间来回移动，设计思维实验和真实的实验，只相信已经经过检验和证明它为假的尝试已经被做过的理论。[注]如果我们用“常识”来指我们认为体现了它的做法，那么在伽利略的《关于浮体的对话》（*Discourse on Floating Bodies*）于1612年出版之前，它是不存在的。[注]苏珊·哈克说：“就何者构成了好的、诚实的、彻底的考察的标准来说，就何者构成了好的、坚实的、能够支撑的证据来说，我们的标准不在科学之内。”就这句话所要求的“我们”的含义来说，伽利略是第一个“我们”中的一个。在寻求理解伽利略对浮体的研究这样的案例中，简而言之，我们可能拥有太多的实在论。在此情况下，欧文们将永远理解不了伽利略的原创性或他面对他的反对。但是，我们也同样可能拥有太多的相对主义。在此情况下，我们将永远不会承认他是对的，不会承认他的反对者是错的。

于是，我们不得不承认，实在论者和相对主义者都有优点。我们必须和兔子一起跑，和猎犬一起打猎。就像相对主义者那样，我们必须承认从人的理性的普遍标准来论证论的危险（这并不是说这样的论证都是无效的。伽利略的浮力知识比他的反对者的浮力知识要可靠得多。如果他们开展一项实验项目，也会发现这一点）。就像实在论者那样，我们必须坚持认为，区分好、坏科学并没有那么难，只要你赞成用经验细致、系统地检验知识。

在这一章上一部分的开头，我呈现了两种不同的科学观。我已经论证了二者都有优点。从一种观点看，我们最终获得的知识似乎在文化上是相对的、偶然的、特殊的。从另一种观点看，它似乎是常识性的、可预言的、不可避免的。尽管它们之间存在矛盾，但库恩试图通过区分革命性科学和常态科学，坚持二者。他辩称，革命的结果在文化上是相对的、偶然的、特殊的，但它会通向一个稳定时期，在此期间进步是准则。库恩对两类科学的区分太干净，但他的基本方法是可靠的。正如我们已经看到的那样，有时候，一种发现以一种在后见之明看来不可避免的方式通向另一个发现。在哥白尼和牛顿之间，发生了多场革命，并且不存在从一个通向另一个的简单路径。但是，从托里切利到牛顿的路径则相当简单，并且一旦气压计被发明，实验方法已经被接受为通向新知识的最佳路径，蒸汽机就能够直接沿路而来。就剧烈的偶然性和可预见的演化之间的那种显而易见的二元抉择而言，科学史上没有简单的解答。这是因为，那种抉择是一种虚假的抉择。答案总是存在于两个极端之间的某个地方，二者之间的平衡必须随着每个新主题而被重新打造。

8

我们一直在研究科学的起源。我们明白了科学是我们已经发明的一种事业，同意按照特定的规则来从事它。我们为大量事业发明了规则，想改变规则就改变规则。成年的年龄界线过去是21岁，现在则是18岁。女人过去没有投票权，现在有了。还有一些事业，由于存在一些我们控制不了的因素，我们改变规则的能力受到了限制。

举个例子，花匠为他们的花花草草创造了一种特殊的微环境。如果花匠停止工作，自然就会接手。花园因此既是人工的，也是自然的，并且它完全且同时拥有二者的因素。我们很容易假定，排中律要求某种东西要么是自然的，要么是人工的。这样一来，制作衬衫用的材料就要么是自然的（棉花、亚麻、羊毛），要么是人造的（尼龙、

聚酯）。但是，人造纤维既是自然的，也是人工的，是用木材制成的。一艘能够在风里航行的船也是如此，它使用自然力来达到一种在自然中不会发生的结果。在园艺、烹饪、造船学中，我们可以做出大量在文化上特殊的选择。但是，还有一些东西是我们真的做不了的。植物死了，蛋黄酱凝固，船只沉没。希望和意愿也不会让它变样。注 这样的活动依靠自然因素和社会因素之间的一种复杂的合作。因此，如果像安德鲁·坎宁安（Andrew Cunningham）那样说，科学是"一种人类活动，完全是一种人类活动，只是一种人类活动，别无其他"，那么这种说法就肯定错了。它完全是一种人类活动，但它不"只是一种人类活动，别无其他"。诗歌和拼词游戏只是人类活动，别无其他。科学属于那种非常广泛的活动，它结合了自然因素和人工因素，既受到现实的限制，也受到文化的限制。

科学的独有特征是，它不是简单地主张与自然合作（就像花匠、厨师和造船工程师做的那样），而是要发现存在于合作开始之前的一种真理。科学史是一种存在问题的活动，这并不出人意料，因为科学自身不断主张摆脱其自身暂时的特殊性和人工性。在主张摆脱其自身产生的过程中，科学将自身呈现为自然的，而非人工的。我们完全能预见到，为了反对这一明显的错误表述，一些人想主张科学完全是人工的，根本不是自然的。但是，简单的真相是，它是二者，科学家有权主张这一人工事业能够发现自然中发生的情况。注

一些人会完全否认能够以科学家所声称的方式逃避文化并发现自然。布鲁诺·拉图尔坚持认为，尽管在古埃及法老拉美西斯二世（Ramses II）肺中已经发现了那种引发肺结核的细菌，但这不意味着它卒于肺结核。肺结核只是在19世纪才被发现。在被发现之前，没有肺结核这种东西。其结果是，没有人能够卒于肺结核。这种观点真的错了。拉美西斯二世当然不知道他要卒于肺结核，但虽然如此，我们现在还是知道，是肺结核要了他的命。拉图尔的历史相对主义错过了一个关于科学的关键点，即科学关乎一些无论我们认不认为它们如此

它们都会如此的东西。那种引发肺结核的细菌是于1882年被罗伯特·科赫（Robert Koch）发现的，而非发明的。拉图尔说，拉美西斯二世不可能卒于肺结核，正如他不可能被一挺加特林机枪杀死那样［理查德·加特林（Richard Gatling）于1861年发明了加特林机枪］。这清晰地表明，他认为发现和发明时一码事。但是，它们不是一码事。加特林机枪涉及自然和社会之间的一种新型合作，但引发肺结核的细菌不需要我们的有意配合，即使确定它并杀死它的确要求源自实验室的技术，涉及自然和社会之间一种复杂的合作。[注]

作为一种方法和实践，科学是一种社会构造。但是，作为一种知识体系的科学不只是一种社会构造，因为它是成功的，因为它符合事实。这种符合不能被证明为必然的或不可避免的，而这正是实在论者所不理解的东西。亚里士多德认为他的方法必然值得信任。他错了。如果我们的方法比他的方法表现得更好，那是因为我们的方法更符合世界的本相，不是因为世界注定要像那个样子。[注]虽然如此，只要这种符合被确立了（不仅如此，在每一种新的科学学科中，它都必须被重新确立），它就确立了一种积极的反馈回路。1600年，在狭义的数学学科（其中包括天文学和光学）之外，这一回路首次被闭合了。其结果是，我们需要把科学当成一种演化过程的结果。在这一过程中，好的科学在过去的五个世纪里已经拥有了一种好于坏科学的生存前景。正如库恩所正确指出的那样："科学发展就像达尔文的进化，是一种从后面推的过程，而非一种向前拽的过程。在推动之下，它越来越接近既定的目标。"

9

相对主义者的问题是，他们完全以相同的方式解释坏科学和好科学、颅相学和核物理。"强方案"提倡者明确坚持这一同一性。[注]实在论者的问题是，他们假定科学方法和结构根本没有特殊之处。按照他们的观点，科学方法在一定程度上是自然的，就像走路；不是人工

的，就像手表。我希望这本书从实在论者的角度审视相对主义者，从相对主义者的角度审视实在论者。我的目的就在于此。它坚守库恩于1991年开办的讲座“科学的历史哲学的问题”（“The Trouble with the Historical Philosophy of Science”）的传统。在这一讲座中，库恩批评了相对主义者（他们的灵感有很多来源于他自己的著作），认为他们的错误在于——

太轻信传统的科学知识的观点。就是说，他们似乎觉得，在他们对何为知识的理解中，传统的科学哲学是正确的。必须现有事实；不可避免的结论，至少是关于概率的结论，必须以它们为基础。他们断定，如果科学不以那种意义产生知识，那么他们就根本不能产生知识。然而，就获取知识的方法以及知识自身的性质而言，那种传统有可能是错的。如果得到正确的理解，那么知识也许正是这些新研究描述的那一过程的产物。

换句话说，我们的任务是弄清楚，可靠的知识和科学进步怎样才能从一种存在瑕疵、非常偶然、在文化上相对、太人性的过程中产生出来，以及它究竟是怎样从这一过程中产生的。

理解知识的障碍之一（模仿库恩的话说）存在于我们用来讨论我们的困难的词汇之中。对那些认为确实完全不存在知识这样一种东西（只是被当作知识传递的信条体系）的人来说，相对主义者是一个令人满意的标签。但是，对那些都承认一些种类的自然知识比其他种类更成功、结果知识能够进步的立场来说，还不存在一个集体名称。你也许肯定会选择“进步主义者”这个名称，但那会消解与进步思想相关的所有困难。这是因为，进步往往戛然而止，众多生活多领域中的向前一步往往导致倒退两步。进步不是直线的或递增的，人们往往难以就应该怎样衡量它的标准达成一致。虽然如此，进步还是发生了。

无论这些团体自称为实在论者、实用主义者、工具主义者、无法明确阐释者或什么什么，除了在看到进步时承认进步的意愿，它们的

共同之处就是承认，在什么可以作为成功预言和控制传递上，自然（或现实，或经验）确立了一些限制。就是说，自然“推了回来”。这些人承认，科学知识既不是完全确定的，也不是未确定的，而是半确定的。成为纯粹的相对主义者是不可能的，承认自然推了回来也是不可能的。但是，成为建构主义者（主张我们从可以获取的自然资源中创造知识）是可能的，承认自然的抵制是可能的。实际上，如果得到正确理解，那么科学知识必须被视为既是被构造的，也是受到限制的。张夏硕（Hasok Chang）已经提议用“积极的实在论”来命名这一双重的承认。(注)

任何试图占据这一“两个世界的最佳”立场的人都需要面对一种更深入的挑战，即充实自然推回来这一观念。库恩看到了这一挑战，但他错误地描述了它。他抱怨一些人“随意承认自然观测的确在科学发展中扮演了一个角色。但是，关于那种角色，就是说，关于自然参与产生了就它的信条进行谈判的方式，他们仍然几乎完全缺乏资料”。如果你试图领会库恩的意思，就会发现，它从指缝中滑过去了。这是因为，在某种意义上，科学自身是对自然如何参与产生它的信条的谈判的解释。在此情况下，库恩问的其实不是一个历史或哲学问题，而是请求人们给他解释一下科学。

因此，我们必须把库恩的系统表述颠倒过来。为了理解物质世界进入产生信条的谈判的方式，我们必须考察我们与它交流、传达它的情况的方式。首先，这是一个与设备有关的问题。例如，望远镜改变了天文学家与自然谈判的方式。其次，这是关于知识工具的问题。举个例子，自然法则塑造了科学提出的各种问题，塑造了自然提供的答案。在科学家和物质世界进行的对话中，物质世界（大体上）保持原样，但科学家带给对话的东西变了，并且这改变了物质世界扮演的角色。自然推回来的方式随着我们的改变而改变。对一种历史认识论的需要也是如此，它将让我们理解我们在追求知识的过程中与物质世界相互影响的方式。就这样一种认识论来说，它的核心任务不是解释我

们为什么在追求科学知识的过程中取得了成功，因为关于这一问题，不存在圆满的答案。倒不如说，它的核心任务是探寻成功叠加成功所凭借的那种演化过程，是探寻使我们能够理解科学起作用以及它怎样起作用的方式。

在这一章前面的一个段落里，我引用了波普尔在1958年提出的主张，即科学“可以说是浅显易懂的常识知识”。就此而言，正如我们已经看到的那样，他是错的。几个月后，他给《科学发现的逻辑》（*The Logic of Scientific Discovery*）第二版增加了一个新的题词。这个题词引自历史学家阿克顿勋爵（Lord Acton，1834—1902）的文件，“对科学的人来说，没有比其历史更必要的了……”此外，科学家和普通百姓究竟应该从科学史中明白什么呢？他们应该明白的是，没有什么东西是持久的；正如托勒密和牛顿的理论似乎完全令人满意了数个世纪，我们最为珍视的理论有一天也会被取代。就像库恩一再指出的那样，科学教育的核心目标之一，是向下一代科学家们隐瞒这一基本真相。科学通过灌输复制自身，因为当科学群体就他们正在试图做的事情达成一致时，它们的工作才最有效率。

但是，正如库恩也明白的那样，尽管就连最牢固的科学理论也可能不会持久，但这不意味着它们不可靠，不意味着科学没有取得进步。托勒密给了占星家们他们所需要的信息，牛顿解释了开普勒的行星运动定律。我们证明了现代科学每天每时每刻都可靠。相对主义者和实在论者都承认科学的局限和力量需要把怀疑和信任结合起来，但前者把怀疑做过了头，后者把信任做过了头。

---

1. 正如格兰维尔所说的那样，“如果谁提出异议的人，那么他的声誉应该不受法律保护。应该让他感受到对该隐之罪的恐惧，谁见到他都应该杀死他”。（Glanvill，The Vanity of Dogmatizing，1661，130）

2. 如果想理解一个人取得了进步，但这种进步却不是朝向真理的进步，不妨想想在雾中登山的人。她能够分辨她在向上攀登。但是，她是否正在接近山顶，还是其实处在通向一个较低山峰的斜坡上，最终将不得不从那里折返回来？只有云开雾散，她才能回答

这个问题。就科学知识的情况而言，雾永远也散不开，山顶不可见，真理一直目不可及。但是，即使没有真理，也可以取得进步。

3. 准确地说，奎因承认，“如果特殊以对”，那一命题是“站不住脚的”：Quine，“A Comment on Grünbaum’s Claim”，1976。关于平常意义上的例子，例如，假设为了回应哥白尼学说造成的威胁，托勒密天文学的捍卫者只是把太阳重新命名为了“地”，把地重新命名为了“太阳”。然后他们就可以继续声称地依然居于宇宙的中心。从原则上讲，任何理论都可以通过一种方式重新界定名称而得到拯救，但这样一来，那种事业将变得没有意义。

4. 有人认为，这种遵循出自托马斯·库恩的《科学革命的结构》（1962）。该书的前言就引用了奎因的话。在库恩读过的一本书里，那种观点得到了更大胆的表达。这本书就是卢德维克·弗莱克的《科学事实的起源和发展》（Genesis and Development of a Scientific Fact，1979）。它于1935年在德国首次出版。其结果是，尤其是自库恩于1991年发表他的反对科学社会学讲稿以来，很多当代科学史家把弗莱克而非库恩当作了它的典范。例如，拉宾吉尔（Labinger）和科林斯（Collins）认为，“科学知识社会学的真正先驱”是弗莱克，而非库恩［Labinger and Collins （eds.），The One Culture？，2001，3n］。

5. 在这一语境中，“地方性知识”是一个经常被使用的词。福柯使用它，但它主要与格尔茨（Geertz）的《地方性知识》（Local Knowledge，1983）相连。如果想了解对它的批判，可看Jacob，“Science Studies After Social Construction”，1999。

6. 可参看库恩在《结构》（1970年）中做的总结，第69页。那种认为哥白尼受到了新柏拉图主义的影响的主张已经受到了质疑：Rosen，“Was Copernicus a Neoplatonist?”，1983。布鲁诺肯定受到了新柏拉图主义的影响。

7. 这也许显得令人惊讶，但在劳丹的“揭秘非充分判定”（“Demystifying Underdetermination”，1990）中得到了证明。重要的是要强调，劳丹所谓的认知平等主义已经被科学史家广泛接受。原因很简单，他们认为如果他们质疑这一主张，就再也不能从历史的角度来思考了（试着比较一下，Shapin，“History of Science and Its Sociological Reconstructions”，1982，196—197）。实际上，对认知平等主义的接受意味着，他们无法从历史的角度来思考，因为认知平等主义者无法解释我们为什么再也不相信燕子在池塘里过冬了（就举这一个例子吧）。

8. “相对主义”这个词容易引发争议，但我宁可使用它，也不使用“结构主义”，因为我想指那些坚持认为现实并不限制我们能够坚持的关于真实世界的信条。我把所有那些认为科学纯粹只是一种社会建构的人都称作相对主义者。还有一些人（其中包括我自己）认为科学既受限于自然，也受限于社会，他们在一种宽泛的意义上可以被称作结构主义者，但不是相对主义者。如果想了解更为充分的关于相对主义的讨论，可看“关于相对主义和相对主义者的注释”（580—592）。总之，我发现爱丁堡学派和巴斯学派是相对主义者（但安德鲁·皮克林是个例外），行动者网络理论的提倡者也是如此。有些人试

图避免实在论和相对主义的陷阱，拉里·劳丹、安德鲁·皮克林则是这方面的重要代表人物。我也有这样的进取心。

9. 如果我说我从伦敦到纽约的飞行将花去7.5小时，那么我显然没有估计我乘坐的飞机的速度。如果要那么做，我需要加入一个信息，即从伦敦到纽约的距离约为3500英里（约5632.7千米）。罗默测量的是占用时间，而非光速。

10. 这一犯同样错误的倾向曾被称作“羊群效应”：Mirowski，“A Visible Hand”（1994），574。品奇（Pinch）好像认为，这是就测量达成一致的唯一原因［Labinger and Collins（eds.），The One Culture？，2001，223］，但这不可能是正确的，否则一致一经达成就永远不会破裂。

11. 在特殊情况下，也许会有人或机构向坏的解答投资，使其坚持下去。英语标准键盘就是一个例子（David，“Clio and the Economics of QWERTY”，1985）。1616年之后，对天主教会来说，日心说也是一个例子。

12. 这一问题出现于摆钟（1656）发明之后不久。这一点完全可以预言，因为摆钟使新的精确标准成为可能，暴露了以前不可见的反常情况［Cohen，“Roemer and the First Determination of the Velocity of Light （1676）”，1940，338］。即使如此，罗默的计时器依然超出了平均约30秒（Shea，“Ole Rømer, the Speed of Light”，1998）。我们是怎么知道的？因为我们可以比较他的观测和我们反推的他观测时的木星的卫星的位置。

13. 这场革命进展顺利，几乎没有遇到反抗。即使克劳维斯在55年后仍在坚持，也不是因为它是引发争议的，而只是因为他在提供一种对萨克洛波斯克的《球体》的阐释。《球体》当时依然是每所大学的教科书。克劳维斯其实不是在和活人辩论，而是和死人辩论。那么，为什么在韦斯普西的发现之后，萨克洛波斯克的著作依然是标准文本呢？这是因为，大学课程要符合古典文本（萨克洛波斯克之于天文学等于欧几里得之于几何学）。这也是因为，只要托勒密宇宙学有生机，萨克洛波斯克文本的问题就容易处理。在遵照1538年的威腾堡版本创立的范例的各文本中，那些问题被干净地处理掉了。然而，问题随着时间的推移而增加。巴罗兹的《宇宙志》（1585）中有一个表，列出了萨克洛波斯克文本中的84个错误。巴罗兹渴望取代萨克洛波斯克，但他的希望放错了地方。萨克洛波斯克保留着他的地位，直到1611年之后，托勒密地心说在知识上再也不受尊重。在1611年后，再也没有哪种天文学教科书会获得萨克洛波斯克的著作曾经拥有的地位。

14. Popper，The Logic of Scientific Discovery （1959），22（斜体是原文）。如果波普尔想到哥白尼明确表示其新理论（几乎）有悖于常识（哥白尼，《天体运行论》，1978，第4页），那么波普尔也会犹豫。此外，波普尔也坚持，科学知识的特征是它发展（第18页），而常识在不同的时间和不同的地方应该是一样的。关于常识观点的例子，见Christie，“Nobody Invented the Scientific Method”（2012）。然而，我们认为的常识自身是一种文化才能，有其先决条件，如读写才能。就那种认为抽象思维（如演绎推理）并不是天生就有的观点，鲁里亚（Luria）的《认知发展及其文化、社会基础》（Cognitive Development，Its Cultural and Social Foundations，1976）堪称经典证明。

15. 此处内容见原书第71—72页。

16. 笛卡儿的《方法论》（1637年）开头这样写道：“正确的理解（le bon sens，通常被翻译为常识）是世界上分配最平均的东西，因为每个人都相信自己拥有足够的常识。即使是那些在其他所有方面最难于被取悦的人，也很少希望拥有更多的常识。”（Descartes，A Discourse，1649，3。）

17. 他对比阿基米德还要精确的坚持可以追溯至他的青年时代。他当时设计了一种名为“巴林西塔”的测量比重的仪器，它测量比重的精确性超过以往。

18. 有一个例外。沃林福德的理查德（Richard of Wallingford，1292—1336）设计了一个非常精巧、复杂的时钟。但是，时钟是哲学工具，模拟了太阳和其他行星的运动。理查德亲手制作的复杂测量工具打算被用于深化文科，而非机械学科。（North，God’s Clockmaker，2005）。理查德的父亲是个铁匠，但他对设计承载机器不感兴趣，如水磨或风车。

19. 有一些主张至少可以追溯至兰德尔（Randall）的“帕多瓦学派”（“The School of Padua”，1940）。它们认为，亚里士多德派哲学家知道怎样做到这一点。但是，在伽利略等亚里士多德的反对者向他们显示怎样做之前，没有令人信服的例子证明他们的确做到了。在17世纪上半叶，耶稣会士中有一种活泼的科学传统。它涉及改造亚里士多德哲学来应对新科学的挑战，但由于会员有遵守教会的传统教导的义务，它被慢慢地扼杀了： Feingold，Jesuit Science，2002。

20. 我这里是在通过出版日期来论证。在精巧的实验的支持下，伽利略已经发展了一种复杂的落体理论。但是，他并没有发表，并且直到1638年才发表。就正面应对亚里士多德物理学的核心原则而言，那篇关于浮体的论文是第一种已发表的实验科学。吉尔伯特对磁性的研究出色地展示了实验方法，但没有直接与哲学家的观点发生冲突。

21. 在一篇臭名昭著的随笔中，著名文学批评家（假定那就像“军事情报”（military intelligence）那样，不是一种逆喻）斯坦利·费什（Stanley Fish）主张，科学和垒球差不多，因为二者都是社会建构，都是“真实的”（Fish，“Professor Sokal’s Bad Joke”，1996）。费什承认垒球的规则可通过投票被更改。然后，他接着论证说，自然的事实也改变，并且赞助机构决定了它们是什么。他是错的。冰永远没有水重。“即使两种活动是相似的社会结构，”他写道，“如果你想估量它们中的一个，你也必须想到它们的不同之处。”很显然，科学与垒球不同。我自己的观点在某些点上赞同费什的观点，但读者应该牢记的是不同之处。

22. 否认自然/人工区别的有效性是一个关键举措，使科学革命成为可能。见原书第332—334页。

23. 可参看“关于相对主义和相对主义者的注释”，第7条（第587页）。如果想了解相似的混淆，可比较那种认为事实是被制作的思想（前面，第256页注释）。它与我的观点形成了鲜明对照。我认为，事实的概念是一种发明，但特殊的事实不是被发明的，而是

被确立的。科学也是这样，它自身是一种发明，但牛顿没有发明引力，而是发现了其定律。

24. 举个例子，可以和博戈西昂（Boghossian）的《知识的恐惧》（Fear of Knowledge，2006）做个比较。在这部著作中，客观事实的思想受到的对待就好像它是清晰的、没有问题的。博戈西昂好像忽视了一种观念，即客观事实思想自身必须被建构，并且会随着时间而演化。

25. 可参看“关于相对主义和相对主义者的注释”，第8条（第587—588页）。

26. 可参看“关于相对主义和相对主义者的注释”，第8条（第587—588页）。

第十六章　这些后现代的日子

“历史不是对起源的研究……”

——赫伯特·巴特菲尔德，《辉格史观》（1931）

（关于后来发生否认情况的）这一知识使历史学家不能仅仅去做喜欢历史的人认为他们应该做的事情，即从其自身的角度考虑过去，像事件经历者那样面对事件。他肯定应该尝试那么做，但他也肯定不会仅仅那么做，因为他了解的那些事件的一些情况是和那些事件同时代的人所不了解的，他知道它们的后果是什么。

——杰克·赫克斯特（Jack Hexter），《历史学家及其时代》（*The Historian and His Day*，1954）

1

这本书名为“科学的诞生”。它探讨了一个过程，该过程的重要性只有通过后见之明才能被完全把握。其实，就已经发生的情况而言，威廉·沃顿在1694年、狄德罗在1748年就已经获得了和我们的感觉很接近的东西。但是，令人吃惊的是，现代历史编纂学其实是在第二次世界大战后不久才开始的。1948年，当时的哈佛大学校长詹姆斯·B.科南特（James B.Conant，他曾在制造原子弹的曼哈顿计划中扮演了核心角色）开始讲授一门本科课程“了解科学”（库恩的工作直接源自这一开端）。正如我们已经看到的那样，赫伯特·巴特菲尔德于同年开办了“现代科学的起源”的讲座。科学已经打赢了太平洋战争，其历史此时自然成了每个受过教育的人关心的事情。

鉴于这本书在一定程度上依靠后见之明，众多历史学家也会觉得有理由把它当作辉格史观的一个例子加以谴责。回到1931年，巴特菲尔德当时攻击了辉格史观，他攻击的目标是那种认为历史有目的和目标的观点。这种观点进而认为，历史的目的和目标就是产生我们的价值观、我们的制度、我们的文化。他攻击的是那些为了肯定和美化现在，尤其是现在的政治安排而写历史的人。他建议历史学家把过去变成他们的现在。

然而，在最近半个世纪里，“辉格史观”这个词已经巧妙地改变了它的含义。不仅如此，正是那些在从过去自身的角度来理解过去方面付出最艰苦努力的人发现，他们自己被指控犯有这一知识罪行。在一种由把他们自己呈现为辉格史观的反对者的人做的陈述中，一种败坏了对这一问题的探讨的关键混淆得到了表达。这种陈述说，“历史学家关于过去的优势观点必然存在于现在之中”，结果对研究对象的选择“最终……不仅是历史编纂的选择，而且还是政治选择”。如果这是真实的，那么看清历史学家怎样才能避免撰写辉格史观将变得极其困难。但是，这充其量不过是一种半真半假的陈述。

历史学家必然依靠过去留存下来的证据。在这一意义上，他们的优势观点是一种对存在于现在的遗留材料的汇编。历史学家也必然用他们自己的语言来撰述，并且依靠他们与他们正在研究的人们不共有知识工具和程序（除非他们写的是当代史）。他们对写什么的选择将必然被他们自己的兴趣和关注塑造。在所有这些方面，历史是有一个不可避免地生活在现在的历史学家写的。

但是，历史学家所采取的视角根本不需要是现在的视角。已故的汤姆·迈耶（Tom Mayer）想写一部名为“伽利略有罪”（*Galileo was Guilty*）的书。他并不是想通过这个名称表示他认为伽利略有罪，或我们应该认为他有罪。他想表达的是，根据于1633年审讯并判伽利略有罪的宗教裁判所的规定程序，伽利略是有罪的。迈耶想把对伽利略的

审判仅仅当作宗教裁判所进行的众多审判中的一个来理解，还想把他自己置于一种立场，使他能够评估正常程序是否被遵循了，或对伽利略的待遇是否无论如何都是例外。他的计划是把裁判官的过去变成他的现在。他的结论是，根据当时确立的法律，伽利略是有罪的。

然而，就那种认为我们必须从过去自身的角度理解它的观念而言，它能够把历史学家至于一种不当的压力之下，使他们发现过去某个能够充当他自己的观点的代言人的人。这一策略有时候可以是合理的，但它往往上升到一种新的辉格史观。在沙宾和谢弗的《利维坦与空气泵》中，可以找到这方面的一个鲜明的例子。

霍布斯区分了我们拥有的关于我们自己制作的事物（几何、国家）的知识和我们拥有的关于不是我们自己制作的事物（自然哲学）的知识。就几何和国家的情况而言，按照霍布斯的观点，我们可以确切地知道为什么某物是那样，因为无论是几何还是国家，如果我们不曾构造它们，它们就不会存在。但是，就自然哲学的情况来说，他主张，当我们研究自然时，我们能够知道的东西是有限的，因为各种不同的机制可以产生相同的结果。因此，当我们尝试从结果向原因逆向推理时，我们能够做的不过是产生一种对原因的合理推测，而原因很可能已经产生了一种特殊结果。

然而，沙宾和谢弗想把霍布斯变成一位17世纪的维特根斯坦，变成一个相信一切知识都是约定的、被构造的人。他们支撑这一主张的唯一证据，是来自《论公民》（*De cive*，1642）英语译文第16章第16节的一段引文：

但是，某个人之所以反对国王们，也许是因为他们缺乏学识，很少能解释那些包含着上帝的话语的古代书籍。出于这一原因，这一职责依赖他们的权威就不合理了。他也许会同样反对牧师，反对一切不免一死的人，因为他们可能犯错。此外，尽管牧师受过的自然和艺术教育比其他人要好，然而国王们却完全能够领导这样的解释者。所

以，尽管国王们自己不解释上帝的话，但解释它们的职责可能要依赖他们的权威。有些人可能因而拒绝把这一权威让渡给国王们，因为他们不能履行这一职责本身。这些人同样会说，讲授几何的权威千万不能依赖国王们，除非国王们自己是几何学家。

他们从这一点得出结论说，按照霍布斯的观点，“逻辑的力量……是被代理的社会力量，企图影响所有人的自然推理能力”，“存在于几何的影响后面的力量”是利维坦的力量。这是一种更宽泛的主张的一部分。那一主张是，“知识问题的解答是社会秩序问题的解答”，“科学史占据的领域和政治史相同”。无论是霍布斯还是维特根斯坦，他们都想主张并且领悟到，知识隐含着社会秩序，反之亦然。

不幸的是，他们的主张依赖的是对霍布斯文本的严重误解。它的主张是简单明了的。我们全都时常雇用专家为我们工作。我们没必要自己也是专家，来为建筑师、建筑工、汽车修理工、外科医生做出合理选择。就国王的情况来说，他做出了一种特殊的对专家的选择，因为他授权人们去实践。最重要的是，在霍布斯的世界里，他授权神职人员去布道。要这么做，他不需要自己是个专家，只需要采纳合理的建议。霍布想说的不是专门技能是君主说它是什么就是什么的东西，而是非专家可以有能力选择专家。

在霍布斯时代的英国，你需要被颁发执照才能够在一所学校里上课，且只能按照被核准的教科书《莉莉语法》（*Lily’s Grammar*）来讲拉丁语。这并不意味着每个人都认为，君主颁布它是什么东西，拉丁语法就是什么东西。这意味着，政府已经咨询了专家，选择了一本语法书，以便转学的学生不会因为必须开始从另外一本不同的书学习而犯糊涂。当霍布斯说几何学家讲课的权威是从国王那里来的时，他的意思是，国王授权人们去讲几何，并且只有获得授权的人才能讲课；他并不是想表示，皇家的政令确定了什么算得上一种几何学中的好论证。国王当然有可能做出一个坏的决定。用现在的话说，他有可能把

疾病细菌理论的实践者的法律地位赋予顺势疗法实践者；或者，用17世纪的话说，把新教神职人员的法律地位赋予天主教神职人员。但是，他的坏决定不会把坏的逻辑、坏的几何、坏的医学甚或坏的神学变成好的逻辑、好的几何、好的医学或好的神学，而只会产生把实践的权利赋予不够格的人的结果。

霍布斯在这里探讨的不是真理，而是授权。英国医学总会网站规定说："要想在英国行医，所有医生都需要按照法律登记并持有执业执照。执业执照赋予医生在英国开展特定活动的法律权威，如开处方，签发死亡或火葬证明，占据特定医疗岗位（例如在国家医疗保健机构中担任医生）。"该规定并不意味着医学总会把治愈疾病的能力指派给医生，不意味着医学总会说什么是好医学什么就是，不意味着医生不能通过引入新疗法来改进医学。它只是意味着，你没有执照就不能行医。和医学总会一样，霍布斯也没有致力于那种所谓的维特根斯坦的真理观。

沙宾和谢弗的误解服务于一个目的，即通过使霍布斯的真理观相当于维特根斯坦的真理观（就像他们对他的理解那样），他们可以把霍布斯和玻意耳之间的争议转化成一个与我们当代关于科学的性质的争议一致的争议，从而使它服务于他们自己存在问题的目的。霍布斯代表相对主义者，玻意耳代表实在论者。但是，他们未能从过去中找到一个代表他们自己观点的发言人，从而容易让别人指控他们是在通过依靠我们的范畴来理解过去，而非从它自身的视角来理解它。幸运的是，按照他们的解释，霍布斯采用了他们想采用的范畴，因此过去和现在实现了无缝对接。于是，通过把他们自己对霍布斯和玻意耳之间的争议的看法放入霍布斯之口，他们就把一种犯有严重时代错误的对那一争议的解读合理化了。

在《利维坦和空气泵》的结尾处，沙宾和谢弗这样说："随着我们逐渐认识到我们的认识形式的传统和人为状况，我们自己得以意识

到，使我们知道了我们知道的东西的是我们自己，而非现实。知识和国家一样，是人的行为的产物。霍布斯是正确的。”我的观点是，使我们知道了我们知道的东西的，既是我们自己，也是现实。科学和国家不同。国家完全出自我们自己的制作。当然，改变国家就像改变金钱那样，远没那么容易。哥伦布不为美洲的存在“负责”，伽利略不为木星的卫星“负责”，哈雷不为哈雷彗星的回归“负责”，尽管做出这些发现的功绩肯定属于他们。现实发挥了它自己的作用。当霍布斯主张，自然哲学既有赖于“表象或明显的效果”（我们会说“现实”），也有赖于“真实的推理”，他所表达的正是这个观点。

但是，让我们目前把注意力集中在最后那句话，即“霍布斯是正确的”。沙宾和谢弗永远不会说，“玻意耳是正确的”。他们永远不会说“伽利略是正确的”，或“牛顿是正确的”。那将是辉格史观。那么，允许他们说“霍布斯是正确的”的是什么呢？答案很简单。霍布斯的正确与科学无关。对他们来说，科学无所谓对错。他的正确与知识的传统性质有关。他们的相对主义在这里瓦解了，他们给我们提供了他们自己的辉格史观。他们如何知道霍布斯是正确的？因为他们认为，他们能够把他变成一个所谓的17世纪的维特根斯坦。

2

把过去变成我们的现在，就像巴特菲尔德所倡导的那样，是一回事。谴责一切对后见之明的运用，坚持过去只应该“以它自己的方式”被呈现，则完全是另一回事。于是，我们被告知：“历史学家可以采取的一般原则的唯一错误……是不按照实际情况向前阅读历史，而是向后阅读历史。”[注]1202正如我们在第二章中看到的那样，这是废话，因为我们必须既向前读历史，也向后读历史。罗伯斯庇尔（Robespierre）没打算让拿破仑横空出世，但如果我们想理解拿破仑，就必须向后看，看到法国专制主义和法国革命的结合怎样使拿破

仑成为可能。在这里，巴特菲尔德对一种特殊的后见之明（被用于美化现在的后见之明）的批评已经被转化成了对一般后见之明的谴责。

由于未能认识到历史能够，也必须向后读，结果导致了一系列被认为不当的历史问题。于是，20世纪下半叶影响力最大的思想史家昆廷·斯金纳（Quentin Skinner）已经为写作他的划时代著作《现代政治思想的基础》（*The Foundations of Modern Political Thought*，1978）而道歉。在2008年的一次采访中，他说：

我错在……使用一种基本上约束人们从目的论角度去写作的隐喻。我自己的书过于关注我们当今世界的起源，而我本应该尝试尽可能按照它自己的方式去呈现我正在考察的世界。但是，撰写现代早期欧洲历史的困难在于，尽管他们的世界和我们的世界大为不同，然而我们的世界在一定程度上出自他们的世界，因此存在一种去写起源、基础、演化和发展的自然诱惑。但是，我永远也不会想到，这种诱惑会在这些后现代的日子里产生。

注意，在这里，遭受谴责的不仅是任何把过去和现在关联起来历史（一种显然一直被抵制的诱惑），而是任何应对起源、演化、发展的历史，任何在结果先入的情况下被撰写的历史。

有人也许认为，这只是一种失误（毕竟，斯金纳说的不是写作），但它不可避免地跟随“按照它自己的方式”叙述过去的计划。一切人类历史的根本特征是，人们无法研究未来，这是因为未来尽管是无数有意行为的结果，但对每个人来说都是一种非故意的结果。没有人能够正好完全得到他们计划、期盼、打算的东西。写一部按照过去自身的方式呈现过去的历史，必然是写一部其中的变化过程绝对不可理解的历史。变化过程之所以不可理解，是因为它无法被预见。(注)在这里，重要的是区分目的论历史和回顾式历史。目的论历史认为历史拥有一个目的或目标，回顾式历史寻求把历史当作一种发展过程来研

究。人类历史没有目的或目标，但存在众多的起源、基础、演化和发展。如果你忽略了它们，就根本不可能理解变化。(注)

这种把历史向后读的企图不需要假设参与者知道他们去哪儿，或最终结果是注定的。A.J.P.泰勒［A.J.P.Taylor；《第二次世界大战的起源》（*The Origins of the Second World War*），1961］没有设想德国政客可能预见到了第二次世界大战的到来。实际上，他试图避开那种认为二战是蓄意策划的结果，想寻找一种较好的解释。当斯金纳写《基础》（如果我有权保护早期的斯金纳不受晚期的斯金纳干扰的话）时，没有想象马基雅维利、博丹和霍布斯在有意尝试奠定现代自由主义或现代国家理论的基础。唐纳德·凯利［Donald Kelley，《意识形态的开始》（*The Beginning of Ideology*），1981］没有想象16世纪法国知识分子预见到了现代主义。(注)回顾式历史的撰写是（我知道一些历史学家会觉得这令人震惊）一种非常明智的知识企图。拒绝投入其中的历史学家毫无必要、武断地收窄了历史的知识领域。说真的，在没有后见之明的情况下（如果可以这样的话）写就的历史根本不是历史，而是福柯的“谱系”。

这一混淆大多源自历史学家的事业的两个显然存在问题的特点。其一，过去的人们在很大程度上的确明白什么正在进行，并做出了聪明的回应。于是，你很容易认为，可以从伽利略的视角来写历史。但是，这里存在一个基本真相，即伽利略并不了解其行为的全部意义。举个例子，尽管做了一些精妙的实验，但伽利略从未明白实验方法的力量，认为吉尔伯特的工作哲学性欠缺而加以摒弃。要纠正他在这方面的局限，并不需要涉及采用一种以现在为中心的视角。我们只需从梅森的优越位置来看伽利略即可，梅森迅速着手复制伽利略的实验，意在产生更精确的测量。（当然，这里始终存在一种危险，即我们会仅仅把梅森变成我们自己的观点的代言人，就像沙宾和谢弗对霍布斯所做的那样。因此，我们必须小心前进。）

历史学家的事业第二个明显存在问题的特点是，参与者完全看不到某些重要的发展。注有时候，人们的确不知道他们正在做的事情的重要性，或者他们知道，但未能把他们的想法记录下来。牛顿就“假说”这个词的使用大吵大闹，但关于理论、事实和自然法则，却没有存在可做比较的讨论。新术语的采用是默不作声、偶然、无意的。然而，它标志着一种新的思考方式的诞生。这一思考方式持续了下来，成了我们自己的思考方式。无论是确定那种思考方式，还是确定它依然是我们的思考方式，都是历史学家的固有任务。如果你愿意，你可以把它称作知识考古学，因为它应对的发展不是深思熟虑的结果。我不认为这两类历史视角应该是存在问题的。当然，对那些寻求以过去自身的方式呈现过去的人来说，它们肯定显得如此。此外，我也不认为它们配得上辉格史观这个名号。

现在让我们转向通常被理解的辉格史观的另外一个例子。1809—1810年，乔治·凯莱（George Cayley）爵士发表了《论空中航行》（*On Aerial Navigation*）一文，分析了比空气重的飞行的物理学。当时，他未能想象一架现代飞机，但他已经发明了弯曲翼和我们现在称作螺旋桨的东西。注他相信比空气重的飞行是可能的。实际上，他接着成功地建造了一架能够搭载一人的滑翔机。他缺乏的当然是一种合适的动力源。他试图设想一架由蒸汽机驱动的飞机，但困难是显而易见的。

如果说凯莱为现代航空学奠定了基础，那么这种说法完全合理。凯莱相信他取得了一个重大突破。但是，直到100多年后，他已经取得的成就的意义才凸显了出来。于是，在1912年《科学》（*Science*）杂志上，我们发现了一篇名为“机械飞行的问题”（The Problem of Mechanical Flight）的文章。它的开头这样说：“科学上的航空学时代始于1809年，当时乔治·凯莱爵士发表了……第一种完整的机械飞机理论。”但是，它很快又补充说：“这一论文出版后没有引起注意，直到大约60年后才被发掘出来。”历史学家对凯莱做了什么？纵使关于他的讨论容易被当作辉格史观而遭到摒弃，我也看不到他们有什么理由应

该假装无视他的存在。关于把凯莱视为重要的科学家，根本不存在任何专门以现在为中心的东西，除非现在被延伸了，把首批飞行器的时代也包括在内。撰写凯莱的情况也不涉及赞美现代空中旅行，或（例如）否认它对全球变暖的影响。在科学和技术史上，凯莱是一个次要人物，但并非不重要。不过，毫无疑问，我们对他的重要性的认识完全源自后见之明。

3

由于担心被指控撰写辉格史观或目的论历史，所以历史学家很少提出这样简单、基本的观点。幸运的是，哲学家理查德·罗蒂可以帮助我们。罗蒂抓住了斯蒂芬·温伯格写的一段话。温伯格这样写道：

赫伯特·巴特菲尔德所谓的辉格史观阐释在科学史上是正当的，但在政治或文化史上并不如此，因为科学是累积的，允许明确的成功或失败判断。

在这里，温伯格已经漫不经心地混淆了三个单独的问题，即累积（所有历史，实际上所有人类活动，都是累积的）、成功或失败（有很多人类活动允许明确的成功或失败判断）、进步（现代科学和技术独有的特征）。于是，罗蒂攻击道：

温伯格真的想回避明确的成功或失败判断吗？例如，重建修正案或新政对州际商业条款带来的宪法改变之类的判断。他真的想不同意那些认为诗人和艺术家站在其前辈的肩膀上并积累写诗、作画知识的人吗？他真的认为，当你撰写议会民主历史或小说历史时，你不应该像辉格史观那样，讲述一个累积故事吗？他能够暗示这些文化领域的一些非辉格的、正当的历史看起来像什么吗？

历史是一种累积的成功和失败的记录。在过去50年里，那种认为它能够成为别的某种东西的观点是历史写作的一种特有主张。（你也

许会设想，如果罗蒂和温伯格能够在所使用的语言上达成一致，那么他们可能会几乎毫不费力地赞同对方的观点。）

关于伽利略和牛顿、帕斯卡尔和玻意耳的科学，重要是它在一定程度上是成功的，为未来的成功奠定了基础。他们不知道未来会保存什么，但他们显然知道我们试图达到的是什么。他们相信他们正在取得进步，我们不能把那种进步遗弃在我们的历史之外，最多可以遗弃他们对后继者产生的影响。我们也不能把成功遗弃在议会民主或小说的历史之外。但是，民主有时候会失败，小说时好时坏。科学值得注意的一点是，进步不仅仅是累积的，而且还似乎（来做一个词典不认可的区分）是累计的。过去不仅仅塑造了现在。在科学中，过去取得的收获之所以不断被放弃（除非在存在审查、宗教或政治干预的地方），只是为了交换现在取得的更大收获。[注]这是现代科学的独有特点，使1572年以来的科学史只成了一部进步史，使以写作民主或小说史的那种怀疑的方式写作科学史变得不适当。

4

因此，我写这本书有意针对某些已经在“这些后现代的日子”里得到确立的惯例。我相信，要不了多久，这些惯例就将像那些控制辉格政治史写作的惯例那样神秘。相对主义和后现代主义的驱动力是什么呢？一些人认为它基本上是一种对多元文化主义的政治承诺。当文化发生冲突时，就需要对这一承诺进行重新检查。还有一种观点认为，后现代主义者不想承认“现实”的存在。这一观点的问题是，它认为“现实”概念是理所当然的。但是，我还是认为，这种观点也拥有真理的内核。如果像后现代科学史家那样，坚持激进的偶然性，坚持不存在路径依赖这种东西，我们仍有可能从事炼金术或骑宾尼-法兴自行车（前轮大后轮小的早期自行车），那么就等于主张，从不存在一种以现实为基础的逻辑，它引领某些理论和技术取得成功，而其他理论和技术则失败了。对多元文化主义的政治承诺在意愿上是可敬的，但在实践

中存在重大问题。除了这种承诺，我们也必须认识到两个有影响力的幻想，其一是我们能够以我们选择的任何方式重塑世界，其二是没有人能够告诉我们我们正在尝试做的事情永远不可能成功。在后殖民主义和移民中，多元文化主义政治拥有一种真实的对象。但是，在我们也许可以称之为愿望满足的政治中，后现代主义认识论也拥有一个虚幻的对象。按照这种政治，在按照我们的意愿重塑世界上，除了我们的思想，不存在任何障碍。我们想让世界成为什么，它就能够是什么，因为思想使其如此。当沙宾和谢弗说“使我们知道我们知道的东西的……是我们自己”，他们似乎想暗示，我们选择把知识做成什么，它就能够是什么；如果我们不喜欢如同我们发现的样貌那样的科学，那么我们只需希望它是别的样貌即可。

因此，在相对主义的掩盖之下，存在一个全能之神的梦。这个梦也许补偿了学术生活的无效和无关。1919—1920年，意大利马克思主义者安东尼奥·葛兰西（Antonio Gramsci）把“理智上的悲观主义，意愿上的乐观主义”当作了其座右铭。福柯式的政治与此正相反，是理智上的乐观主义，意愿上的悲观主义。它宣称我们陷在了一个不是我们创造的世界，同时坚称我们重塑世界的障碍其实全都是我们自己制造的。这种政治幻象最初是由蒙田的挚友埃蒂安·德·拉·贝尔蒂（Étienne de la Boëtie）发明的。尽管无限热爱他的朋友，但蒙田从未接受这种观点。

---

1. 但是，可参看赫克斯特的经典论文《历史学家及其时代》（1954）。这篇论文后来被收录到《历史中的再评价》（Reappraisals in History，1961）。我们也许要把现在历史学家的任务是“按照其自身的方式理解过去”这个短语的流行归于赫克斯特，现在这一短语无所不在。赫克斯特比较明智，仅把它当作历史学家做的事情的一部分（221，231）。

2. 1940年，沃尔特·本杰明（Walter Benjamin）写道：“对那些想让一个时代复活的历史学家来说，菲斯泰尔·德·古朗士（Fustel de Coulanges，1830—1889）建议他们抹去他们了解的后来的历史过程的一切东西。要概括历史唯物主义已经摒弃的方法，没有更好的方式。”（Benjamin & Arendt，Illuminations，1986，247—248。）我会补充说，你不需要成为一个历史唯物主义者，才能看到历史学家需要思考变化、发展、起源。

3. 至于那种认为任何起源研究都必须被当作目的论的而被摒弃的主张，出自，Foucault，“Nietzsche, l’histoire, la généalogie”（1971），见Foucault，Dits et écrits（2001），Vol. 1，1004—1024。

4. 此处内容见“关于相对主义和相对主义者的注释”，第10条（589—590）。

5. 举个例子，见Christopher Clark，The Sleepwalkers：How Europe Went to War in 1914（London：Allen Lane，2012），以及，Chris Wickham，Sleepwalking into a New World：The Emergence of Italian City Communes in the Twelfth Century（Princeton: Princeton University Press，2015）。

6. 《牛津英语词典》给出的这个词的最早的用法指的是一种推进船的装置（在现实中是叶轮），时间是1809年，而第一种实用的船用螺旋桨显然只能追溯至1829年。

7. 一种科学新范例的胜利所经由的过程涉及一些十分令人满意的理论的丧失。这些理论必须被抛弃，因为它们与范例密不可分。这种丧失已经被称作“库恩丧失”（这个名称发源于Post，“Correspondence，Invariance and Heuristics”，1971）。举个例子，葛兰尼（Graney）的《拒绝一切权威》（Setting Aside All Authority，2015）研究了那些认为哥白尼学说造成的损失大于收获的人的主张，证明他们的观点远非可以忽略不计。然而，我会主张，科学中后退一步总是会产生前进两步的结果，不存在损失大于收获的明显案例。

第十七章　“我知道什么？”

“为了让人也许能够了解它，世界必须像什么？”

——托马斯·库恩，《科学革命的结构》（1962）

没有哪种知识理论应该尝试解释我们为什么会在尝试解释事物上取得成功……存在很多世界，可能的世界和实有的世界。在这些世界中，对知识和规律性的探索会遭遇失败。

——卡尔·波普尔，《客观知识》（1972）

1

1571年，蒙田从法官的职位上退了下来，时年37岁，按照我们的标准依然年轻，但按照16世纪的标准已经处在了老年的门槛上。他仍在为贝尔蒂于1563年死去而哀痛，死亡的想法困扰着他。他打算与他的书籍为伴。他藏书颇丰，大概有1000卷书。在他的图书馆的横梁上，他绘制了大约60句来自经典的引文。它们都强调人生如梦，人对知识的渴望如幻。它们实际上是他的阅读的概括。他有一面锻造的徽章，徽章上有两个天平，天平上方镌刻着“*Que sçay-je*?”（“我知道什么？”）。那些天平不代表正义，因为它们是晃荡的，代表着不确定性。

蒙田在他的新生活里没有找到快乐，于是转向写作，想将其作为一种治疗方式，一种保持自己与人交往的方式。结果，他撰写了《随笔集》（*Essays*）。第一本包括卷一和卷二，出版于1580年（1588年出版了卷三。蒙田接着校订了他的随笔，一直到他于1592年去世）。“随笔”这个词对我们来说已经显得正常了，例如学生们一直在

写随笔。但是，当蒙田使用这个词时，他指的是一种分析或一种检验。蒙田在检验自我，探索自我，研究自我，试图了解自我。在《随笔集》中，蒙田提出了一种关于我们的世界知识的基本主张，即知识永远是主观的、个人的。他也发明了一种新的文学类型。

在其《随笔集》第一版中，有两篇特别重要。卷一的核心是一篇论友谊的随笔，它原本被打算作为拉·贝尔蒂的杰作《论自愿的奴役》（*The Discourse of Voluntary Servitude*）第一版的序言。这部著作现在往往被认为是第一个无政府主义文本。结果，蒙田没有能够出版它，因为它已经被新教反叛者出版，并被谴责为具有煽动性。拉·贝尔蒂想知道我们为什么服从权威，而他的答案是我们不应该服从。

卷二的核心［不过这时候不在核心，处在核心的一篇名为“良心的自由”（On Freedom of Conscience）是《为雷蒙德·瑟班德辩护》］。这篇随笔是所有随笔中篇幅最长的。正如我们在第九章中看到那样，就后来的关于自然法则的思考而言，其中一段至关重要。瑟班德（Sebond，1385—1436）是一位加泰罗神学家，用拉丁语写了一本书，书里提供了一种对基督教真理的理性证明。在其垂死的父亲的要求下，蒙田把它译成了法语（他把译文的献词献给了他的父亲，而日期则是他父亲死亡那一天，即1568年6月18日）。因此，《辩护》的源起具有私人性和个人性，完全和论友谊那篇随笔一样。在这里，我们再次拥有一对文本，即瑟班德对基督教的捍卫和蒙田的“辩护”。但是，这一次蒙田是具有革命性的文本的作者，因为“辩护”徒具为瑟班德辩护的外表。如果加以更仔细的考察，那么我们就会发现它对他支持的一切都进行了毁灭性的打击，是一场不间断的对宗教的批评。就连瑟班德的著作也没有通过审查，不过不是因为它的基本批评，而是因为瑟班德在其序言中代表它提出的放肆主张。由于瑟班德已经把信仰和理性绑在了一起，蒙田的批评通过证明一切关于知识的主张都言过其实，寻求削弱信仰。在《辩护》中，存在于危险之中的不仅有基督教信仰的合理性，还有哲学家提出的一切主张的可靠性。我们现在

称作“科学”的学科在16世纪都属于哲学。注因此，除了别的，蒙田的《辩护》还是一种对他那个时代的科学的攻击。

蒙田的怀疑的来源不难确定。新教徒和天主教之间的剧烈冲突已经导致法国的长期内战，导致了最恐怖的屠杀和暴行，使一切关于真理的主张都显得偏颇。人道主义（蒙田受的教育以拉丁语为第一语言，因此他拥有他的父亲所缺乏的学识）已经复活了异教徒古希腊人和古罗马人的信条，提供了一个真正的替代基督教的选项。中世纪大学的哲学争论（阿维森纳的亚里士多德学说和阿威罗伊的亚里士多德学说之间、实在论者和唯名论者之间）已经由于中世纪不知道的两个文本的出版而显得具有教区性。一个文本是卢克莱修的《物性论》。这是一部唯物主义无神论著作，蒙田曾认真地研究过它（他拥有的副本最近已经被确定，上面批注很多）。另一个文本是塞克斯都·恩坡里柯的《皮浪怀疑主义概要》（*Outline of Pyrrhonism*，于15世纪20年代被重新发现，但直到1562年才得以出版）。新世界的发现已经严重削弱了一切认为存在所有人都能同意的东西的主张，因为新世界存在践行裸体和食人的社会。

蒙田的怀疑有其限度。他不怀疑可以用葡萄酿酒，或找到从波尔多去巴黎的路。曾有人试图说服他相信，古代人不理解地中海中吹拂的海风。蒙田不屑于这样的主张。他们曾试图向东航行却最终向西了吗？他们曾动身去马赛却发现自己身处热那亚了吗？当然不曾。他从没表现出怀疑二加二等于四的迹象，从没表现出怀疑一个三角形的角加起来等于两个直角的迹象（虽然他发现一种关于两条线无限趋近却从不相交的几何证明是荒谬的）。他怀疑的是能够证明基督教或任何宗教的真理。他怀疑宇宙是为了给人类提供一个家园而被创造的，就像怀疑一座宫殿是为了让耗子住在里面而被建造的。他怀疑存在任何能够被普遍认可的道德原则，怀疑我们的任何复杂的知识体系所理解的世界的情况。他确信医生更有可能杀死了他们的病人，而非治疗他们。在近1500年的时间里，在几何学和天文学的所有问题上，托勒密

都似乎是一位绝对可靠专家。然而，新世界的发现已经证明，他的地理知识是不可救药的，哥白尼已经证明，对托勒密的宇宙学来说，存在至少一种能维持下去的替代选项。蒙田说，我们对知识的主张普遍是误解的，因为我们不会承认我们作为人的局限。我们需要承认苏格拉底承认他自己的无知中所包含的智慧。

蒙田以来自塞尼加的一句引文终结了（或几乎终结了）《辩护》。这句引文是："啊，如果人不超越人类，那么他将是多么卑鄙、下贱啊！"蒙田评论说："一句简洁的话语，一种最有用的渴望，但同时又很荒唐。这是因为，要想让一握大于拳头，一抱大于手臂，或尝试让一跨宽于你的腿能够伸展的范围，都是荒诞、不可能的。一个人超越他自己或超越人类也是不可能的，因为他只能用他自己的眼睛看，用他自己的手来抓。"他当然不可能止步于此，因为异端的暗示太明显了。于是，他继续说："如果上帝异乎寻常地提拔他，拉起他的手，他将超越。他将通过放弃并否定他自己的方式来超越，让他自己被纯粹的天空存在托起或拉起来。"这一增添是不情愿的吗？蒙田的读者对此总是莫衷一是。一些读者认为他对天主教正统教义的声明是真实的，另一些认为它们只是向审查员做出的让步。我自己的看法也将是明显的。毕竟，蒙田从来没有在用怀疑和难题加以平衡的情况下，给出一个天国启示、神的介入的例子。他指出，我们以我们的自己的形象创造了我们的神，而非我们是以上帝的形象而被创造的。他说："我们为我们自己打造了上帝的属性，把我们自己当作了关联物。"他一会儿坚持说他相信奇迹，一会儿又怀疑他自己的信仰。最后，蒙田把一个基督徒的义务置于了遵守其所在国法律的义务之中。从一个理性的人的观点看，那些法律的内容完全是任意的。

在这里，我们不需要解决这个问题。对现在的目的而言，重要的是蒙田拒绝的不是实用知识，不是他那个时代的酿酒和烤面包的知识，而是医学、地理学、天文学等学术性知识。蒙田把这些知识分支称为"科学"。当被用于各个时代的科学时，蒙田的怀疑完全是有道理

的，因为现在的科学学生不会学习在1580年的大学里被讲授的自然哲学原则。蒙田的反宗教信仰、传统道德确定性的观点现在依然尖锐一如往昔，但他反他那个时代的科学的观点无法反对我们这个时代的科学。科学现在已经与那时完全不同了。

2

蒙田主张，人类是不完美的，因此人类的知识也必然是不可靠的。盖伦曾主张，身体健康的医生的手是判断冷和热、干和湿的完美仪器，而四种属性构成了世界。如果病人比医生的手热，那么他们就是绝对的热，就是那样。世界曾经是极为有序的，因此我们的热和冷的感觉对应着真正的属性差异。蒙田肯定不会这么认为。我们有五种感觉器官，但是谁又知道，如果我们想知道正在发生的实际情况，那么应该有多少感觉器官呢？谁知道我们欠缺的是什么呢？他说，蝙蝠体验世界的方式和我们的方式有本质区别。这句话当然是对的。如果假设回声定位只是让它们知道了我们通过别的方式知道的东西，因为这也许赋予了它们我们永远不会有的视力，那么这就是错的。狄德罗的《关于盲人的信》（*Letter on the Blind*，1749）是一篇和蒙田的《辩护》一样具有颠覆性的作品。在这篇作品中，狄德罗打算系统表述一种观点，即一个盲目的哲学家必然是一个无神论者，因为他们将完全不能感知宇宙的秩序与和谐。我们对世界的了解和我们认为我们对世界的了解完全取决于我们怎样感知它。

我们所知道的科学革命是一场大变革，它就是在蒙田从法官职位上退隐他的图书馆那一年开始的。这场变革的一部分就是由改善我们的知觉构成的。罗盘使海员能够察觉地球的磁场。望远镜和显微镜使科学家能够看见以前看不见的世界。温度计取代盖伦的手成了温度测量器。气压计显示了作用在皮肤上的气压。摆钟提供了一种主观体验的客观测量，这种主观体验就是时间的流逝。新仪器意味着新认识，新知识则伴着新认识而来。

所有这些仪器都至少在一定程度上依靠玻璃生产技能，提供了视觉信息。除了这些，我们还可以举出通过印刷机进行的文本机械复制。印刷机改变了知识的传播，确立了新型的知识分子群体。蒙田是在他的图书馆里创作《随笔集》的，周围环绕着一排排印刷书籍，《随笔集》自身就是新的书籍文化出现的证明。它以印刷的形式被传播，向每个读者展示了怎样投身于他们自己的自我探索计划。

有一种倾向认为望远镜是科学仪器，印刷机是科学之外的东西。但是，第一架望远镜既不是由科学家制作的，也不是为科学家制作的，印刷机则改变了科学家的知识抱负，因为现在能够利用和文本相伴的图像开展工作了。二者刚开始都是实用技术，并都成了科学工具。因此，新科学依赖了一些关键的技术。用伊丽莎白·爱森斯坦的话说，这些技术发挥了“变化的媒介”的作用。

印刷机还产生了一个甚至更关键的结果，即它促进了一种针对权威的新批判态度，而这导致了那种认为知识必须一再接受检验的观点。我们可以看到，它在蒙田的《随笔集》中也得到了反映。就蒙田的情况而言，这产生了一种对我们所知道的东西的主观性的特别强调，对它依赖我们的个人经验的强调。经过传承而获得的知识再也不被毋庸置疑地接受了。但是，随着新知识的积累，印刷机非但没有促进怀疑主义，反而开始使一种新型的信心成为可能。事实可以被检验，实验可以被复制，权威可以被放在一起加以比较。对知识的审视可以比以往任何时候都要密集、广泛得多。印刷机是一种新主张的先决条件，即知识再也不是权威说什么就是什么，也许最终会变得可靠。

新仪器和印刷书籍的海洋开启了新的经验，摧毁了旧的权威。旧的科学史，也就是伯特、巴特菲尔德、科伊雷的科学史，拒绝一种思想，即17世纪的新科学主要是这一新证据的结果，新的思考方式很重要。新的科学史始于库恩，试图把这些新的思考方式置于知识群体之

中，认为新思想的成功有赖于不同的思想家群体之间及内部的冲突和竞争。通过使那种认为实验能够被成功复制的思想破题，库恩之后的一代科学史家沙宾和谢弗等人寻求证明，经验自身是不可预言的、有延展性的、被社会构造的。按照他们的解释（他们在这里摆脱了库恩的羁绊），知识社会史不只是科学史的一个方面，知识社会史不如说是唯一能够被撰写的历史。

意识到后现代科学史的不足之处并不意味着，我们应该简单地回归到库恩和科伊雷的立场。他们对范畴变化感兴趣，而专注于范畴变化的问题是，可能会忘记那些变化发生于其中的那种更为宽泛的环境。因此，在库恩对哥白尼学说的记述中，发现被认为理所当然，望远镜几乎没有出现，从事科学所使用的语言根本没被提及。库恩的方法把科学事业当作特定的，结果它不可避免地遗漏了科学事业的形成过程。对哥白尼学说迟来的胜利而言，这一过程至关重要。库恩没有看到他遗漏的东西，因为他假定科学在1543年已经被发明，因为他严重低估了哥白尼学说的采纳遭遇到的障碍。这些障碍来自天文学对哲学的从属。这样一种方法也许能够解释地方性修正，比如帕斯卡尔怎样发展了一种压力理论，或玻意耳怎样提出了玻意耳定律。但是，它不能解释从贝尔蒂到帕平的一系列真空实验（纽科门的大气蒸汽机与其说是那一绵延的事业的新开端，倒不如说是它的最终结局），因为在此期间，一种新文化被建构了，而这种新文化寻求通过实验解决知识争端。这种文化自身是以对一种较早的事业的模仿为基础的。这一事业是第谷·布拉赫创立的新天文学，寻求通过越来越精确的观测来解决与宇宙结构相关的争端。随着数学家把他们的注意力从观测转向实验，从天文学转向物理学，他们发现他们需要一套新的知识工具，需要一种新的语言。这一语言的一些词汇来自天文学，比如假说和理论；一些来自法律，比如事实和后来的证据。这种新词汇对解释新知识的情况至关重要，然而我们却完全把它看成理所当然，以至于看不到它的发明。人们曾推测，要么那种思维是自然产生的，要么思考自

然科学所需的知识工具全都是由古希腊人发展起来的。正如我们已经看到的那样，事实并不如此。

对科学的考察已经倾向于假设，需要加以考虑的主要变量有三个，分别是经验（事实、实验）、科学思想（假说、理论）、社会（社会地位、专业组织、杂志、网络、教科书）。库恩将其范例概念呈现为一种由实践、理论和教育纲要构成的混合物，而它代表着一种把这三种变量结合起来的特殊方式。随着伊恩·哈金的《概率的发生》（*The Emergence of Probability*，1975）的出版，这一基本模式也许出现了问题。《概率的发生》主张，概率思维提供了一种强大的知识工具。在17世纪60年代之前，这一思维是不存在的。[注]但是，现在应该显而易见的是，概率只是17世纪出现的一系列关键知识工具之一。1975年，人们尚未掌握建构这样一种新科学史所需的材料。

哈金的概率理论被等同于一种特殊的思维模式，然而却能够起到阐明概率出现之前就能使用的知识替代选项的作用。在伽利略所写的话语中，下面这段话语被引用的次数最为频繁：

哲学被写在了这部非常了不起的书里。这本书一直摊开在我们眼前（我指的是宇宙），但你无法理解它，除非你先学会理解那种语言，认出它被书写所用的字符。它被书写所使用的语言是数学语言，字母是三角、圆和其他几何图形。如果没有这些，就意味着人们不可能理解它的哪怕一个词。如果没有这些，那么人们只能在一座黑暗的迷宫里像无头苍蝇那样乱撞。

在伽利略看来，几何提供的知识工具是科学家所需的唯一工具。这是一种合理的看法，因为哥白尼天文学、伽利略的抛物体科学和承载结构科学只需要这些工具。[注]在坚持这些是所需的唯一工具的过程中，伽利略是在把亚里士多德的逻辑当作不相干的东西加以摒弃。当

然，自伽利略以来，各种从事科学所需的新语言被发明了出来，其中包括代数、微积分和概率理论。

人们容易认为，新知识来自新型仪器，比如伽利略的望远镜、玻意耳的空气泵、牛顿的棱镜，而非来自新的知识工具。[注]这往往是一种错误的观点。在100年的时间里，随机的临床试验（链霉素，1948）也许看上去比X光（1895）重要得多，甚至比核磁共振扫描仪（1973）还重要。新仪器像长矛柄那样常见，新知识工具则不是这样。作为一种结果，我们倾向于高估新技术的重要性，低估新知识工具的生产率和影响。笛卡儿创新使用字母就是一个不错的例子。他使用字母表末尾的字母（x、y、z）来代表方程式中的未知量。威廉·琼斯（William Jones）于1706年引入符号π也是不错的例子。莱布尼茨认为，数学符号改革会改善推理，就像望远镜提高了视力那样重要。图表也是一个例子。图表现在到处都是，但如果你发现它们只是在19世纪30年代才被运用于自然科学，在19世纪80年代才被运用于社会科学，也许会大吃一惊。图表代表了一种有效的新思考工具。统计显著性的概念是一种绝对基础的概念，它于1925年被罗纳德·费雪（Ronald Fisher）第一次提出。没有它，理查德·多尔（Richard Doll）就不能在1950年证明抽烟导致肺癌。

物理工具与知识工具大为不同。物理工具能够让你在世界里行动，比如锯子锯断木头，锤子钉钉子。这些工具依赖技术。螺丝刀到了19世纪才出现，因为当时才能够大规模生产相同的螺丝。在此之前，为数不多的手工制作的螺丝是用刀尖来转动的。望远镜和显微镜依赖此前存在制作透镜的技术，温度计和气压计依赖此前存在的吹玻璃的技术。望远镜和温度计没有像锯子和锤子那样，改变它们周围的世界，但改变了我们对世界的认识，改变了我们的感觉。蒙田说，人们只能用他们自己的眼睛看。当人们透过望远镜（蒙田肯定从未这样做过）看时，仍然只能用自己的眼睛来看，但看到了他们用肉眼根本不可能看到的东西。

相比较而言，知识工具操纵思想，而非世界。它们拥有概念先决条件，而非技术先决条件。一些工具既是物理工具，也是知识工具。算盘是进行复杂计算的物理工具，使你能够加减乘除。它完全是物质的，但它产生数字。数字既不是物质的，也不是非物质的。算盘是一种从事精神工作的物理工具。我们信以为真的阿拉伯数字也是如此。我写10、28、54，而不是像古罗马人那些写x、xxviii、liv。阿拉伯数字是能够让我在一张纸上加减乘除的工具，远比我用罗马数字流畅。它们是作为计数法存在于我的纸上和我的头脑里。就像算盘那样，它们改变了我操作数字的方式。数字0（古希腊人和古罗马人不知道0）、小数点（由克里斯托弗·克拉维于斯于1593年发明）、代数、微积分是改变了数学家能够做的事情的知识工具。

现在应该显而易见的是，现代科学依赖一套知识工具。这些工具就像算盘和代数那样重要，但它们与算盘不同，不是作为实物存在。它们与阿拉伯数字、代数或小数点不同，不需要一种特殊的铭刻。初看之下，它们只是一些单词（“事实”“实验”“假说”“理论”“自然法则”甚至“概率”）。但是，这些词概括了新的思考方式。这些知识的工具的特殊之处在于，（与数学家使用的知识工具不同），它们是偶然的、容易出错的、不完美的。然而，它们使可靠、牢固的知识成为可能。它们暗含了一些哲学主张。要捍卫这些主张是困难的，甚至是不可能的，但它们在实践上却运转良好。在蒙田的信仰、错位的信念的世界和我们可靠、有效的知识的世界之间，它们起到了桥梁作用。它们解释了我们为什么虽然仍不能使一握大于一拳或一跨长于我们的腿所能伸展的距离，却能够比蒙田知道更多的东西。正如望远镜提高了眼睛的能力，这些工具提高了头脑的能力。

在17世纪，关键词语的含义转变、变化了，一种现代科学（或者倒不如说元科学）词汇慢慢成形了。这既反映了新的思考模式，也促使了新的思考模式的兴起。这些变化很少是知识界内部详细讨论的主题，遭到了历史学家和哲学家的普遍忽视（这在一定程度上是因为，

尽管那些词现在正在以一种新方式被运用，但其自身并不新，“概率”在这方面就是典型例子），但是它们改变了知识主张的性质。

除了这些知识工具，我们还能看到一个习惯于使用它们的群体的出现。新的科学语言和新的科学家群体是一个过程的两个方面，因为语言从来不是私人的。把这一群体结合在一起的不仅是新语言，还有一套竞争与合作的价值观。这些价值观被表达在被用于描述科学事业的语言中（而非在科学主张自身之中），被表达在发现和进步方面，并最终在以人名命名法中被制度化了。这些知识工具和文化价值观的显著之处在于，它们被证明拥有一种与范例的历史极为不同的历史。范例兴旺发达，一些范例然后消亡了，其他范例被交付给介绍性的教科书。科学的新语言和新价值观现在已经存在了300年（如果我们追溯到它们在“发现”中的共同根源，那么就是500年），没有任何东西暗示它们可能很快就要不风行了。就像代数和微积分那样，这些工具和这些价值观代表着一些收获。这些收获太有效，不能被抛弃；它们不是老古董，仍在被不断使用。为什么？因为科学的新语言和文化依旧构成了（我认为将永远构成）从事科学事业的基本框架。它们的发明是科学发明的组成部分。

3

科学革命是一个单一的改变过程，是累积的结果，不是一种重复多次的变化，而是几个不同类型的、互相重叠的、彼此交织的变化。首先，存在一种科学在其中被发明的文化框架。这一框架由发现、原创性、进步、原创者等概念以及与它们相关的实践（例如，以人名命名法）构成。较老的一派历史学家和哲学家认为这一框架理所当然；较新的一派则寻求反驳、解构那些概念，而非解释其意义，追踪其起源。这一文化出现在一段时间之内的一个特定时刻。在它存在之前，不可能有我们所理解的科学。当然，批评者认为发现等概念存在问题的观点是正确的，因为发现很少是由一个人在一段时间内的一个精确

时刻做出的。但是，正如其他众多存在问题的概念（民主、正义、化体）那样，它们提供了一个框架，使人们可以在其中理解他们的活动，决定怎样过他们的生活。不研究这些基本概念的历史，我们就无法理解科学。

除了这一新框架，印刷机也在改变知识分子群体的性质，改变他们能够交换的知识，改变对权威的态度以及他们自然获得的证据。接着到来的是新仪器（望远镜、显微镜、气压计、棱镜）和新理论（伽利略的落体定律、开普勒的行星运动定律、牛顿的光和色彩理论）。最后，事实、理论、假说和定律的新语言也赋予了新科学一种独特身份。于是，在17世纪，5种根本变化互相影响、交织，催生了现代科学。宽泛的文化的变化，证据的可用性和对证据的态度的变化，仪器使用中的变化，狭义的科学理论中的变化，科学的语言和语言使用群体中的变化，这些都在不同的时间尺度上产生了作用，并且受到了不同的、独立的因素的驱动。但是，就我们拥有的关于物理世界的知识的性质而言，那种累积效应是其中一种根本变化。这种根本变化就是科学的发明。

由于这些变化中的每一种变化都是构建新科学所必需的，我们应该警惕给它们排序的企图。但是，如果你认真加以考察，那么新科学与一种东西的关系显然超过了其他，这就是经验对哲学的胜利。这些变化中的每一种变化都削弱了哲学家的立场，强化了数学家的立场。与哲学家不同，数学家欢迎新信息。新的科学语言首先是一种把处理证据的工具赋予新科学的语言。证据当时被称作经验。莱昂纳多、帕斯卡尔、狄德罗（瓦迪亚努斯、孔塔里尼、卡蒂埃等等）是正确的，经验的确标志着新旧科学的不同。

4

蒙田也是正确的。他正确地认为，就理解世界而言，他那个时代的男女易犯错误得不可救药。虽然后现代主义的主张并不这样认为，

但从那时起，即使我们人类继续像以往那样容易犯错误，但的确已经学会了发展可靠的知识。当然，在未来的人们眼里，我们今天的知识将被证明是不完善的、有限的。我们甚至还没有开始猜测将来会知道什么。但是，它被证明完全不可靠的前景是不存在的。我们能够可靠地计算火箭从地面飞向火星时的路径。我们能够给人的DNA排序，确定引发（比如说）多尿症的基因信息。我们能够建造粒子加速器。如果我们的知识完全是误解，那么我们就不能做这些事情。如果有谁暗示我们的知识有可能是误解，那么人们就会像蒙田对那种认为古罗马人不了解地中海的风系的观点那样，对他嗤之以鼻。

1975年，希拉里·普特南（Hilary Putnam）主张，实在论，也就是那种认为科学发现了真理的信仰，“只是没能把科学的成功变成一个奇迹的哲学”。那种思考很简单，认为科学非常擅于解释发生的情况，预言什么即将发生。如果科学知识是真实的，那么这种事件状态就不需要进一步的解释了。但是，如果科学知识不是真实的，那么只有奇迹能够带来科学家的预言和实际发生的情况之间的契合。普特南的主张被拉里·劳丹（Larry Laudan）推翻了。劳丹反对那种认为成功的科学理论很可能是真实的主张，他这么做完全正确。众多我们现在视为完全错误的理论在过去会大获成功。我指的不是那些一直存在缺陷，或被当时的人们认为存在缺陷，但虽然如此却被普遍遵循的理论，比如希波克拉底（体液）医学、炼金术、颅相学。我指的是在它们时代的科学中变得公认、以有效的证据为基础、似乎提供了可靠的解释、成功地被用于做出新颖的预言的理论，比如托勒密体系、燃素（从1667直到18世纪晚期，一种被认为是可燃物质被点燃时释放的物质）、热质（在19世纪上半叶，一种被认为是热的物质基础的弹性流体）、电磁以太（在19世纪下半叶，一种被认为是光传播媒介的物质）。

这些例子不同于牛顿物理学。利用爱因斯坦的相对论，能够构建一个世界，一个我们的日常体验的世界。在这个世界里，牛顿定律非常接近于符合实际情况。天体物理学家仍使用牛顿而非爱因斯坦的理

论来设计空间飞行器的轨道，因为尽管牛顿的计算是以我们现在会视为误解的东西为基础的，但它们和承认时空相对性的计算之间的差别很小，不值得担心。爱因斯坦物理学因此可以被视为继承了牛顿物理学的成果，同时又超越了它们。但是，就热质和电磁以太的情况而言，则不存在后继理论。尽管这些理论一度显得被完全接受了，但我们现在不会说它们近似于真相，是有用的。不过，这并不是因为我们再也不认为这些理论是真实的，或者甚至是有用的，不是因为它们从未与可靠的实验实践相连。就像托勒密天文学那样，它们在特定的条件下是有充分根据的。劳丹的观点反对的是普特南认为科学发现了真理的观点，而非反对那种认为规定科学的东西是它的可靠性的主张。1664年，玛格丽特·卡文迪什（Margaret Cavendish）比较了对真理的探索和对据说能够把常见金属变成黄金的哲人石的无用探索，指出：

尽管自然哲学家不能发现自然的绝对真理，不能发现自然的基础，不能发现自然结果隐藏的原因，然而他们已经发现了很多必要的、有益的艺术和科学，有利于人的生活……概率挨着真理，对隐藏的原因的探索发现了可见的结果。

可靠性当然是一种不可靠的概念。如果想找到一个警示例子，只需转向蒙田时代的医生。他们认为他们正在用他们的知识治疗病人。实际上，他们喜爱的治疗方法（放血和通便）根本就不好。它们把结合了安慰作用的病人的自动康复（归功于他们的免疫系统的作用）错当成了医学疗法带来的治愈（蒙田等聪明的旁观者怀疑是这样）。注在医学中，直到19世纪，才有了可靠的衡量成功的方法。

但是，蒙田时代的托勒密天文学家与希波克拉底派医生大为不同。克拉维于斯主张偏心轮和本轮必然存在，否则天文学家做的成功预言就无法解释：

但是，通过假定偏心轮和本轮的存在，不仅一切已知表象保存了下来，就连未来的现象也得到了预言，而其时间完全是未知的……我们不可能强迫天空（但是，就像我们的对手或许认为的那样，如果偏心轮和本轮是虚构的，那么我们就似乎强迫了它们）去遵从我们的虚构，去好像按照我们的意愿或符合我们的原则移动。

克拉维于斯是错的，因为不存在偏心轮和本轮。但是，他又正确地主张，他能够以高度的确实性预言天体的运动。就像克拉维于斯那样，我们通过用它做事来检验我们的知识，而这是我们的知识和蒙田时代的大多数学科的知识之间的根本区别。较之16世纪的哲学，我们的全部科学都是应用科学；如果仅仅采取实验形式，那么我们的全部科学知识都牢靠得足以承受真实世界的应用。我们可以用“科学起作用”来总结这一情况。

如果你要学会驾船航行，那么你将被传授借助托勒密体系驾船，以一个静止的地和一个移动的太阳驾船。这不是因为托勒密体系是真实的，而是因为它计算起来比较容易。因此，如果一种虚假的理论被用于适当环境之中，那么它能够非常可靠。如果我们再也不使用本轮、燃素、热质或以太，那不是因为实用这些理论不可能获得可靠的结果，而是因为我们拥有了替代理论（我们认为是真的理论）。这些替代理论同样好用，并且应用范围广泛。我们没有可靠的根据认为，我们的自然学科有一天会被证明是博学的废话，就像希波克拉底医学那样。但是，完全有可能的是，它们虽然貌似正确，而原因却完全是错误的，就像托勒密的本轮那样。科学提供可靠的知识（就是说，可靠的预言和控制），而非真理。

也许有一天我们会发现，我们的一些最珍视的知识也像本轮、燃素、热质和电磁以太那样过时。实际上，牛顿物理学就是如此。但是，好像几乎可以肯定的是，未来的数学家仍将讨论事实和理论、实验和假说。这一概念框架已经证明非常可靠，即使它被用来描述、证

明的科学知识已经变得面目全非。正如自然过程的任何累进的知识都会需要一种类似于“发现的概念”，因此随着更深入的发展的发生，我们将需要一种方式，既把知识描述为可靠的，也把其描述为可作废的。在任何成熟的科学事业中，借助“事实”“理论”“假说”工作的术语将不得不扮演一个角色。

最后，我们应该承认，我们是在极为不利的情况下拥有我们拥有的科学知识的。没有证据证明宇宙是为了我们而被创造的，但由于运气不错，我们似乎拥有所需的感觉器官和精神能力，以开始理解它。在过去600多年里，我们创造了深入理解它所需的知识和物质工具。罗伯特·玻意耳曾问道：

怎样才能证明，全能的上帝或自然这个可敬的创造者不通过别的方式，只通过人模糊的理性，就能够把现象显示得这样可以解释？我要说，可以解释，而非可以理解。这是因为，即使上帝或某种比我们聪明的存在以让我们了解事物为己任，我们也许可以充分理解一些事物，但仍将永远不可能发现那些真理。

上帝、天使、外星生物仍没有来帮助我们，然而事实证明，人类朦胧的理性能够解释的现象越来越多。

科学是在1572—1704年被发明的，其中包括研究计划、实验方法、纯科学和新技术的相互结合、可废止知识的语言。我们仍旧伴着这一发明的结果生活，人类好像有可能将永远如此。但是，我们并不仅仅伴着科学的技术性益处生活。现代科学思考方式已经成了我们的文化的重要组成部分，我们很难设想再回到过去那个世界。在那个世界里，人们不言说事实、假说和理论，知识不以证据为基础，自然不拥有法则。科学革命之所以变得几乎不可见，只是因为它已经取得了非常惊人的成功。

---

1. 或属于哲学的学科，可参看前面，第23—24页。

2. 关于《出现》，见Daston，“The History of Emergences”（2007）。我在这本书里没有强调概率思维的重要性，因为它的主要影响后来才产生：Gigerenzer，Swijtink and others，The Empire of Chance （1989）。哈廷将他自己的工作视为迈克尔·福柯在知识考古学领域所做研究的发展，但我认为，《出现》的福柯色彩比哈廷所认为的要少得多。哈廷也承认从阿利斯泰尔·科隆比那里获益颇多。至少就我的目的而言，《出现》符合知识工具的历史研究传统。对历史学家来说，这一传统始于费布尔（Febvre）的《无宗教信仰的问题》（Le Problème de l’incroyance，1942）。费布尔自己对知识工具的关注在他策划的历史百科全书里表现明显。这一百科全书就是由雷尔（Rey）、费布尔等编辑的《精神工具》（L’Outillage mental，1937），其来源是路先·列维-布留尔（Lucien Lévy-Bruhl）的人类学，比如列维-布留尔的《原住民的思考方式》（How Natives Think，1925）。

3. 现代书籍（例如，Heilbron，Galileo，2010）经常把伽利略的发现呈现为代数公式。这样的呈现犯了严重的时代错误。

4. 我设想在新思考和新思考工具之间进行区分。伽利略的新科学当然是新的，但他建构它们所使用的知识工具是任何一位数学家都熟悉的。微积分是一种新的思考工具。没有它，牛顿就不能系统表述他对引力吸引的解释。

5. 现在的疗效实验有赖于那种认为有效的治疗必须在效果上比安慰好的思想。实际上，在一封于1704年8月11或12日写给莱布尼茨的信中，丹尼斯·帕平第一个描述了安慰和安慰效果。帕平曾经是一个有资格的医生。正如我们已经看到的那样（见原书第292页），沃尔特·查理顿已经掌握了在一个对照组里根据结果衡量成功的需要。

一些长注释

关于希腊“科学”和中世纪“科学”的注释

这本书整体上是一种反对那种连续性论点［其例证是戴维·林德伯格（David Lindberg）《西方科学的起源》（*The Beginnings of Western Science*，1992）］的观点，但我想在这一注释中呈现一些一般观点，做出一些关键妥协。

一种观点认为，在第谷于1572年看到他的新星之前，不存在科学。这一观点遭到了明显的（但大多错误的）反对。库恩认为托勒密天文学是一种成熟的科学（库恩，《结构》，1970，68—69），因为它肯定拥有一种运作模式和一种取得进步的能力。它的一些核心论点源自哲学，比如天空中的一切运动都是圆周运动、天空中无变化、地是宇宙的中心、不可能有真空［库恩的《哥白尼革命》（1957）把这些称作“障眼物”（86）和“障碍物”（90）］，但它们非常符合经验。它不仅使哥白尼学说成为可能，也使第谷的研究项目成为可能。然而，天文学是一种特殊的学科，因为它不加质疑地接受了亚里士多德做的月下世界和月上世界的区分。这种区分只是在1572年才开始瓦解。与它一同瓦解的还有一种观念，即可能有不同的原则在控制着宇宙的不同部分，不同的地方可能有不同的科学。因此，1572年的确是一个关键的变化时刻。

就那种认为亚里士多德生物学是一种科学的观点而言，存在一些有力的论证（Leroi，*The Lagoon*，2014）。但是，亚里士多德没有确立生物学研究传统。17世纪，威廉·哈维认为自己是一位亚里士多德派

生物学家，但他承认，在他自己和亚里士多德之间，只有一个人懂得怎样从事生物学研究。这个人就是他自己的老师（和伽利略的朋友）吉罗拉莫·法布里齐·德阿夸彭登特（Lennox，“The Disappearance of Aristotle’s Biology”，2001；Lennox，“William Harvey”，尚未发表）。与之相似的是，就那种认为阿基米德是一位科学家的观点而言，也存在一些有力的论证（Russo，*The Forgotten Revolution*，2004）。但是，除了能够被整合进亚里士多德学说，他的科学在中世纪几乎没有产生影响。只是到了16世纪晚期，数学家才开始设想一种也许可以补充亚里士多德的阿基米德科学（Clagett，“Archimedes among the Humanists”，1959；Laird，“Archimedes among the Humanists”，1991）。就这样，科学革命恢复了失传的亚里士多德生物学和阿基米德数学。但是，它们很快就被从它的来源中去掉了。在哈维的追随者中，没有人像他那样自称是真正的亚里士多德派。在伽利略的追随者中，没有人像他那样自称是阿基米德的门徒。

对库恩来说，亚里士多德的动力学自身就是一种成熟的科学（库恩，《结构》，1970，第10页；也见于库恩，《哥白尼革命》，1957，第77—98页；库恩，*The Essential Tension*，1977，第24—35页，254—65页；库恩，*The Road since Structure*，2000，第15—20页）。他拒绝承认光学是一种在牛顿之前就存在的科学，因为一直有彼此竞争的学派（所以没有“正规的”科学），但他仍把亚里士多德动力学呈现为一种成功的范例。在中世纪晚期，它被动力理论取代。动力理论又通向了伽利略的新物理学（库恩，《结构》，1970，第118—125页）。在这里，需要接受检验的是“经由革命从一种范例向另一种范例的连续转变是常见的成熟科学发展模式”（库恩，《结构》，1970，第12页）。但是，中世纪的动力理论没有产生这样的转变。亚里士多德的文本仍旧是教科书。此外，尽管动力理论被用于修补亚里士多德理论内部存在的问题，却不存在致力于动力理论的专著（Sarnowsky，“Concepts of Impetus”，2008）。动力理论被用来处理一些反常现象，没有引发一场革命。实际上，中世纪的哲学家没有能

力设想一场会取代亚里士多德的革命。由于他们不从事正规的科学，最终也没有解决困扰他们的问题。自然哲学在中世纪采取了两种特殊形式，其一是对亚里士多德的注释，另一是对没有一致解决方案的问题的搜集。随着时间流逝，新问题增加了，老问题却从未被消除。

当然，亚里士多德自然哲学之所以在中世纪基本不受挑战地生存下来，原因之一是在三个非常有限的领域（磁铁、彩虹、炼金术）之外，没有人做过试验；在没有求助于经验的领域，这些东西从未涉及测量。因此，在克拉格特的巨著《中世纪的力学》（*The Science of Mechanics inthe Middle Ages*，1959）中，首批规范的实验是伽利略做的实验。转向格兰特（Grant）编辑、体量甚至更大的《中世纪科学原始资料集》（*A Source Book in Medieval Science*，1974），我们发现了题目为“显示自然厌恶真空的实验”的一部分（327—328）。这部分是从因艮的马西利乌斯（Marsilius of Inghen，1340—1396）那里翻译过来的。但是，这些只是经验。马西利乌斯搜集了一些现象的例子。那种认为自然厌恶真空的主张似乎最好地解释了这些现象（例如，你可以用麦管儿把水吸上去）。他没有做过任何实验。另一方面，当转向威廉·吉尔伯特（《磁铁论》，1600）时，我们不仅发现了专门设计的实验，也发现了（我们在其前辈加佐尼那里没有发现的东西）要求衡量的实验。

有一种非常强大的传统，它专注于证明中世纪哲学是现代科学的先决条件（例如，Grant，*The Foundations of Modern Science*，1996；Hannam，*God’s Philosophers*，2009）。这方面的工作建立在皮埃尔·迪昂（1861—1916）、安娜丽斯·麦尔（Annalise Maier，1905—1971）、马歇尔·克拉格特（Mshall Clagett，1916—2005）的突破性研究之上。我不打算反驳那种主张，即我们之所以拥有我们拥有的科学，只是因为亚里士多德和中世纪哲学家开辟了一些研究路线。第一批科学家从他们的前辈那里继承了一套问题，但他们用来解决那些问题的程序是新的；他们为帮助那些程序而构建的知识工具不是取自哲学，而是取

自天文学和法律。中世纪自然哲学家无人认为自然科学会取得进步，并且如果我们把研究理解为搜集相关新信息，那么也无人从事研究。另一方面，第谷拥有一个研究计划，并且系统地执行了该计划多年，认为它会解决那个时代的天文学的根本问题。伴着研究计划的思想，进步的思想必然到来。

关于宗教的注释

要重新思考科学革命这样一个重要的课题，就要涉及一种复杂的重新校准、重新评估过程。一度似乎是核心的主题变得边缘化了，一度似乎只具有好古兴趣的主题具有了新的重要性。致力于现代早期基督教和科学的关系的文献可谓浩繁。[注]一些人主张，对作为创造者的上帝的信仰是现代科学的一个基本先决条件，因为它使自然法则的思想成为可能。在古希腊、古罗马和中国，这种思想是不为人所知的。还有一些人主张，在这种或那种基督教（例如新教）和新科学之间，存在一种特殊的类似。[注]我不觉得这些观点有说服力，尽管它们肯定具有吸引力。如果把一神教都算在里面，伊斯兰世界和东正教世界也应该有一场科学革命。如果只算新教，伽利略就不能被视为一位伟大的科学家。自然法则的思想代表着一个关键的检验案例，而神学问题并不能被证明是根本问题。实际上，那一概念的关键来源似乎是卢克莱修。此外，说到第一批科学家的宗教信念，唯一可靠的结论是，普遍化是不可能的。有耶稣会士和詹森主义者，有加尔文教派信徒和路德教派信徒，他们中的一些人几乎没有或根本没有信仰。就他们的宗教信仰来说，第一批科学家似乎在一定程度上是17世纪欧洲知识分子的随机样本。我讨论的很多科学家是极为虔诚的，但他们的宗教信仰不是他们共有的东西。要理解这一点，你只需想一下帕斯卡尔和牛顿，前者是一个詹森主义者，后者是一个阿里乌斯派教徒。[注]他们共有的东西不是宗教，而是数学；当然，还有一种对言论自由的需要。1648年夏天，在写给波希米亚的伊丽莎白（Elizabeth of Bohemia）的信中，笛卡儿这样写道，*“Me tenant comme je suis,un pied dans un pays et l’autre en un autre,je trouve ma condition très heureuse,en ce qu’elle est libre*”（“照着我的样子做。我一只脚在一个国家（法国），另一只脚

在另外一个国家（荷兰）。我发现我的状况令人非常愉快，我在其中无拘无束。”）

---

1. Merton，“Science, Technology and Society”（1938）； Hooykaas，Religion and the Rise of Modern Science （1972）；Lindberg & Numbers （eds.），God and Nature （1986）；Webster （ed.），The Intellectual Revolution of the Seventeenth Century （1974）；Funkenstein，Theology and the Scientific Imagination （1986）；时间更接近的，Harrison，The Bible, Protestantism and the Rise of Natural Science （1998），和 Harrison，The Fall of Man and the Foundations of Science （2007）。就研究信仰和科学之间的相互作用而言，对那种认为基督教或新教是科学革命先决条件的观点的质疑提供了广阔空间，例如，Picciotto，Labors of Innocence（2010）。
2. 莫顿提出的清教促进科学的论题在历史学家中影响甚微，直到它在希尔（Hill）的《知识的起源》（Intellectual Origins，1965）中被采纳；这本书的缺陷很快就变得明显了，例如，Rabb，“Religion and the Rise of Modern Science”（1965）。
3. 关于牛顿的神学，可参看，Snobelen，“Isaac Newton, Heretic”（1999）；Snobelen，“God of Gods, and Lord of Lords”（2001）。

维特根斯坦：非相对主义者

在科学社会学和历史文献中，那种认为维特根斯坦是一个相对主义者的观念被牢固树立了起来。当然，在这个问题上，哲学家们远未达成统一（Kusch，“Annalisa Coliva on Wittgenstein and Epistemic Relativism”，2013；也可见Pritchard，“Epistemic Relativism,Epistemic Incommensurability and Wittgensteinian Epistemology”，2010）。在我看来，这与一些段落是矛盾的。在这些段落中，维特根斯坦表达了一种截然不同的科学观。在1931年的一段注释中，他写道，“听起来很简单：魔法和科学之间的区别可以被表达为，科学中有进步，魔法中没有。魔法自身内部没有发展的倾向”（维特根斯坦，“Remarks on Frazer’s Golden Bough”，1993，第141页）。一种事业取得进步的事实并不必然意味着我应该采纳它。例如，运动员一年比一年跑得快，但我没有理由从事田径。但是，科学是个特例。如果科学在理解自然上取得进步，在预言和控制上取得进步，那么我面对这样的进步无动于衷就很难说得通了。

一段来自1931年的评论可以轻易地被当作不具代表性而遭到摒弃。但是，在《论确定性》（*On Certainty*，1969）里维特根斯坦做的最后一套注释中，我们发现了基本相同的观点。思考如下这两段：

131.不，经验不是我们判断游戏的基础。它显著的成功也不是。

132.人们已经判断一位国王能行雨，我们说这与一切经验相抵触……

我认为维特根斯坦想表达的意思是，我们不能把经验作为归纳法的基础，正如休谟证明我们不能把经验作为我们的因果律概念的基

础；但是，即使不能把一种哲学证明当作一种特殊程序的基础，但如果它成效显著，我们也肯定应该继续利用它。那种认为一位国王能行雨的主张不是一种“显著的成功”；此外，当我们说它“与一切经验相抵触”时，指的是他们的魔法和我们的科学之间的一种冲突。在这场冲突中，我们的科学优于他们的魔法。

比较一下：

170.我相信人们以一种特定方式向我传达的东西。我也以这种方式相信地理、化学、历史等事实。那是我了解科学的方式。当然，了解是以相信为基础的。

如果你已经知道勃朗峰高4000米，如果你在地图上看过它，那么你就会说你知道这一点。

此外，我们现在是否可以说，我们以这种方式给予信任，因为它已经证明有效?

我的观点再一次似乎是，我不能证明勃朗峰高4000米，但认为根据地图的权威，它已经“证明有利”。换句话说，我们为确定某些类型的事实而拥有的社会程序不可能被证明有道理，但它们是成功的，它们有效，并且这是我们运用它们的原因。

还有（应对去月球的思想的注释有106、108、111、117、171、226、238、264、269、286、327、332、337、338、661、662、667，就取其中一例）：

286.我们相信的东西取决于我们了解的东西。我们都相信不可能去月球，但也许有一些人会认为那是可能的、有时候发生了。我们要说，我们知道的很多东西都是这些人不知道的。此外，让他们永远不要对他们的信念如此确信不已。他们是错的，我们知道他们错了。

如果我们比较一下我们的知识体系和他们的知识体系，那么他们的到目前为止显然是比较糟糕的那种。

我们很容易认定，维特根斯坦是一种相对主义的观点，因为我们说他们的知识比我们的差，但他们也会这么说我们。但是，假设一个社会相信人能够通过离开他的身体去月亮，就像萨满做的那样，并且把它与1950年的维特根斯坦自己的世界做个比较。那么，是不是可以公平地说，1950年的科学知识使喷气引擎和原子弹成为可能，优于一种萨满文化的魔法知识（并且要更为成功）？（见Child，*Wittgenstein*，2011，第207—212页）

维特根斯坦再次表达了类似的观点：

474.这一游戏［假定事物的稳定性是规范］证明了它的价值。那也许是它被玩的原因，但不是基础。

于是，我假设，如果我站起来并离开房间，这张桌子将继续存在。我无法证明这一信条有理，但相信判断得不错（它有效，它是成功的），并且这是我继续按照这一信条仿佛是真的行事的原因（这是这一游戏被玩的原因）。

最后：

617.某些事件会将我置于一种境地。在这一境地中，我再也不能继续玩旧的语言游戏了，我被剥离了游戏的确定性。说真的，一种语言游戏的可能性要受到某些事实的限制难道不是显而易见的吗?

拿托勒密天文学代表的那种语言游戏来说。当望远镜证明金星拥有全套的相，那种游戏就玩不下去了。因此，语言游戏并不简单地成

功、进步、有效，或证明它们的价值。如果事实变了，它们也可能变得不可持续。

这几段合在一起暗示，有几种类型的知识优于其他类型，因为它们起作用，有效，优越，取得进步，不与已知事实抵触。我们无法为这些类型的知识（宽泛地说，“科学”）提供一种令人满意的哲学辩解，但我们能够分辨出它们起作用，其他对理解、预言或控制自然现象感兴趣的文化（并且所有文化都必然对这些活动感兴趣）应该能够认识到我们的知识（我们的地图，或我们的天气预报）的功用，正如美洲原住民能够认识到马匹和枪支在猎取水牛上的优势。这算得上一个反基础主义但远非相对主义的科学观。接下来将会是，当科学观点被抛弃并被新的观点取代时，那是因为新的观点被认为更成功、有效等等。换句话说，科学在进化，并且这是因为那些未能发展、在面对新发现时未能适应的理论被剔除了。

这（碰巧）是目前这本书提出的科学观。因此，它仿佛真的符合维特根斯坦确立的那种传统。但是，维特根斯坦的文本是费解的、存在问题的，未完成的。不同的人可以对它们有不同的解读。我不打算和那些希望把维特根斯坦解读为相对主义者的人大吵大闹，只要他们不用这种解读来为一种相对主义科学史辩护即可。如果指出维特根斯坦自己在对科学的理解上并总不是一个相对主义者有助于说服历史学家放弃他们对他们（误导性地）所谓的“辉格史观”的敌意，那么讨论维特根斯坦的真实意思就是值得的。请注意，如果说一种实践有效、成功、证明了其价值，那么这就必然是做出一种回顾式的判断。按照维特根斯坦的观点，我们只能凭借后见之明，区分好科学和坏科学。此外，我们不能简单地选择无视好科学和坏科学之间的区别，因为如果我们这么做了，就会错过科学的一个独有特征，即它取得进步。

无论如何，都要把维特根思坦的真实想法的问题和他的影响的问题分开。《论确定性》直到1969年才出版，那时一种认为维特根斯坦

是一个坚定的相对主义者的观点被牢固树立了起来。他的文本在证明后库恩科学史有理中扮演了一个关键角色也是如此，因为它们被错误地解读为支持一种彻底的相对主义。（见原书第586—587页）

关于相对主义和相对主义者的注释

这本书针对三类相对主义。其一，有人主张，历史必须是在没有后见之明的优势下被书写的。这一观点可以追溯至巴特菲尔德《辉格史观》（1931），但直到20世纪60年代才在科学史中产生了可识别的影响。它不可能是正确的。举个例子，只有后见之明才能够让一个人断定，哥伦布对美洲的发现是现代科学发展中的一个关键时刻（总体而言，见MacIntyre，“Epistemological Crises”，1977）。其二，有人主张，合理性的概念在文化上总是相对的。这一主张源自维特根斯坦，但直到彼得·温奇（Peter Winch）的《一种社会科学的思想》（*The Idea of a Social Science*，1958）出版后，它才对科学的历史和哲学产生了较大影响。我坚持认为，它与任何对现代科学的成功的把握都是不兼容的。其三，有人主张，在科学中，应该以完全相同的方式，理解、解释成功的主张和失败的主张。这一主张源自大卫·布鲁尔的《知识和社会意象》（*Knowledge and Social Imagery*，1976），布鲁尔将其命名为“强方案”。这一主张涉及否认科学主张之所以被采纳，永远是因为它们比替代选项更符合证据。在我看来，他对科学史产生的影响是非常有害的。当然，这三种主张都成了一个较大的知识运动的组成部分。这一运动可以被宽泛地称为“后现代主义”。我认为，后现代主义可以教会天真的实在论者很多东西。但是，由于当今的科学实践几乎不关注天真的实在论，我已经在这里集中讨论后现代主义的缺陷，而非其优点。

1.把沙宾和谢弗对真理的看法视作一个行动者的判决（例如，你觉得什么是真理，什么就是真理）：Shapin&Schaffer，*Leviathan and the Air-pump*（1985），14（可比较，Bloor,*Knowledge and Social Imagery*，1991，37—45；和Shapin，*A Social History of Truth*，1994，

4：“对历史学家、文化人类学家、知识社会学家来说，把真理当作已被接受的信仰来对待算得上一种方法论，并且也的确如此”）。真理只是一个行动者对必然主观的陈述的判断。例如，如果并且只有如果我认为它是这样，“那是我听过的最可笑的笑话”才是真的。这几乎也无助于使合理性成为一个行动者的判决（Garber，“On the Frontlines of the Scientific Revolution”，2004，158），因为那一概念的要点在于，它可以（并且过去也）被用于证明行动者可能并且经常犯错。将死和死亡之间是有区别的，改变象棋的规则也许就改变了谁赢谁输。但是，我们不能通过改变我们的概念，让我们自己死而复生（如果相信我们能，那就是疯了）。如果任何东西都被当作一个行动者的判决，那么真理、合理性、客观现实的思想就变得毫无意义了。此外，如果我们选择，那么我们就都能永生。但是，至少那些提出这一观点的人避免了真正令人困惑的构想，例如纽曼（Newman）和普林西比（Principe）的主张。他们认为，斯塔基对哲人石的相信“并非不当”（Newman&Principe，*Alchemy Tried in the Fire*，2005，176）。于是，他们避免主张它是明智的，并且也避免主张它是愚蠢的。

2.在“相对主义，理性主义”（“Relativism,Rationalism”，1982）第23页中，巴恩斯和布鲁尔把强方案的核心主张表述为“同等公理”。他们写道：“我们的同等公理是，就它们的可信性的原因而言，一切信仰都一样。这并不是说一切信仰都同样真实或同样虚假，而是无论真假，他们的可信性的事实都将被视为同样存在问题。”因此，西蒙·谢弗坚持认为，“通过一种自然哲学在把握自然上的优越来解释一种自然科学（而非相反的一种）的确立”将会是错误的（Schaffer，“Godly Men and Mechanical Philosophers”，1987，57）。但是，应该显而易见的是，并非所有信仰都一样，他们的可信性的原因千变万化。伽利略相信冰比水轻的信仰就与亚里士多德相信冰比水重的信仰不同。现代相信磁铁对大蒜无动于衷的信仰与古代相信大蒜使磁铁失去作用的信仰也不一样。在这些例子中，前一种信仰有事实支撑，后一种没有。一种自然哲学通过其对自然的把握的优越压倒了其对手，确立了自

身。如果坚持有效性问题必须和可信性问题分开，那么就等于坚持把根据充分的信仰当作没有根据的信仰来对待。基于这一假设的研究必然会得出结论说，代表根据充分的信仰做出的主张是过分的，因为结论成了方法论的一部分。

当然，在如何最好地解释强方案方法的问题上，分歧很大。关于这一点，可参看布鲁尔的“反拉图尔”（“Anti-Latour”，1999）和拉图尔的“关于大卫·布鲁尔”（“For David Bloor”，1999）之间令人惊奇的交火。我觉得拉图尔对布鲁尔的解读完全令人信服。如果想寻找一种有效的评论，见Laudan，“The Pseudo-science of Science?”（1981）。

3.Secord，“Knowledge in Transit”（2004），657页。《利维坦和空气泵》在其中被写作的知识背景是由沙宾的“科学史及其社会学重构”（“History of Science and Its Sociological Reconstructions”，1982）顺便确立的。至于强方案，见Bloor，*Knowledge and Social Imagery*（1991）。至于巴恩斯和布鲁尔的其他著作，Bloor，*Wittgenstein*（1983）；Barnes，*T.S.Kuhn and Social Science*（1982）。强方案明确提倡“方法论的相对主义”。这一专门术语的意思是，“所有信仰都将以同一种一般方法得到解释，无论它们怎样被评估”（Bloor，*Knowledge and Social Imagery*，1991，158。也就是说，它等同于对称原理和对等公理的重述。关于前者，可参看上面，第43—44页；和下面，第7条。关于后者，可参看前面，第2条）。

哈里·柯林斯（Harry Collins）是巴斯学派的创建者，他的工作与爱丁堡学派的工作密切相关。他至少有时候乐于毫不含糊地使用“相对主义”这个词，来识别他当作相对主义者同人和相对主义援手的人。关于这一点，见Collins，“Introduction”（1981）。但是，“相对主义”非常像17世纪的“无神论”一词。很多人攻击它，却几乎没有人承认它。不仅如此，当他们这么做时，他们坚持以他们自己特有的方式界定这个词（Bloor，“Anti-Latour”，1999，101—103）。其结果是，就谁可

以被公平地称作相对主义者、谁不可以而言，存在一定程度的混淆。举个例子，经常有应该更了解情况的人告诉我，沙宾不是一个相对主义者，无疑也很少用这个词。然而，他最近已经明确把自己确定为一个“方法论的相对主义者”；换句话说，就是确定为强方案的一个支持者（从社会学观点看，这不出人意料，因为在1973—1989年，他是爱丁堡科学研究单位成员）。沙宾践行了他鼓吹的东西。他给他自己对科学知识的可信性的信仰做出了一种解释，而这种解释同样可以（在一种不同的文化里）被应用于一种对巫术的信仰。他说：“我对科学的信心非常强。这就等于说，我是那种总体上教育过度的文化的一个典型成员。在这种文化中，对科学的信任是常态的一种标志。由于我们成了并继续是它的成员，这种文化制造了那种自信。”（Shapin，“How to be Antiscientific”，2010，42=Labinger&Collins（eds.），*The One Culture*?2001，111页。不妨和柯林斯的主张做个比较。柯林斯认为，那些相信占星术的人是在制造一种社会错误［见Labinger&Collins（eds.），*The One Culture*？，2001］。见沙宾对“同等公理”的解释，Shapin，“Cordelia’s Love”，1995。也可见对“相对主义流派”的描述，Ophir&Shapin，“The Place of Knowledge”，1991，5。对沙宾来说，那种描述显然是一种自我描述）。我在第15章里讨论了沙宾的相对主义。

在给拉宾吉尔（Labinger）和柯林斯编辑的《一种文化？》（*The One Culture*?2001）提供的文稿里，布里克蒙（Bricmont）和索卡尔（Sokal）称，“方法论的相对主义不可能被证明有理，除非人们也采取哲学相对主义或激进的怀疑主义”（244页）。我同意他们的观点。重要的是区别方法论的相对主义和方法论的不可知论，二者很容易被混淆。方法论的不可知论是一种非常不同的立场，主张人们不可能先验地知道哪种方法管用，哪种方法不。我会捍卫这种立场，它完全能够与下面这种主张兼容，即人们事后能够知道一种方法比另一种更成功（这是方法论的相对主义者决心要否认的一种主张）。见Kuhn，*The Structure of Scientific Revolutions*（1996），173页。

4.Shapin,*A Social History of Truth*（1994）。沙宾提倡一种“自由”的真相观，而非一种“有限制的”真相观（4）。这样一种方法涉及坚持大蒜使磁铁失去效力，或曾经如此（对普林尼、阿尔伯图斯·马格努斯、范·海耳蒙特等人是这样）。那种认为大蒜不能够使磁铁失去效力的主张只是变成了一种替代真相，而非一种发现。实验方法成了一种制造真相的方法，而非一种可靠的方法。玻意耳训练有素的怀疑策略成了一种新的、信任他人的方法。

沙宾也提倡“一种朝向慈善的方法论处理”（4）。在《利维坦和空气泵》里，他和谢弗写道，“我们将追随盖尔纳（Gellner），提供一种‘慈善的’”对霍布斯的诠释。他们还引用了盖尔纳写的、于1962年首次面世的一篇文章，以及哈里·柯林斯对它的使用（关于他的观点，可参看下面，第9条）。实际上，柯林斯很清楚，他不是在追随盖尔纳，而是在反对盖尔纳（Collins，“Son of Seven Sexes”，1981，n.15）。这是因为，用他自己的话说，盖尔纳的文章是一种“反对慈善的呼吁”（Gellner，“Concepts and Society”，1970，48）。盖尔纳坚持，“如果过分沉溺于环境的慈善，那么它就会让我们对社会生活中最好的东西和最糟糕的东西视而不见，让我们对一种较好的教条或伦理取代一种不一致的教条或伦理视而不见……它同样会使我们……对荒唐的、模棱两可的、不一致的、莫名其妙的教条的利用视而不见”（42—43页）。提倡追随盖尔纳的是我的书，而非《利维坦和空气泵》。实际上，盖尔纳准确地陈述了我的总体观点。他说，“在最近几个世纪里，存在一种从单纯的社会概念得使用到真正的认知概念的使用的重要转变。它一般被称作科学革命。维特根斯坦学说使就这一事件提问成为不可能，因为按照它的观点，那种东西永远不可能发生，不可能有任何意义”（Gellner，*Relativism and the Social Sciences*，1985，185）。难怪沙宾坚持，“根本没有科学革命这回事儿”！（Shapin，*The Scientific Revolution*，1996，1）。

应该强调的是，那些当时正在试图构建一种新科学的人非常清楚人们可能会怎样声称要提供一种知识社会学，但他们想逃避一个知识在其中完全由社会决定的世界。见培根对偶像的看法（Bacon，*Instauratio magna*，1620，53—80［Book 1，§§23—68］=Bacon，*Works*，1857，Vol.4，51—69），和Glanvill，*The Vanity of Dogmatizing*（1661），尤其是125—135,194—195。至于对沙宾的《一种社会真相史》（*A Social History of Truth*）的评论，见Feingold，“When Facts Matter”（1996），和Schuster&Taylo，“Blind Trust”（1997）。

5.经常有人认为，在其《结构》（1962）中，托马斯·库恩把“paradigm”（范例）这个词引入了英语科学哲学（例如，Lehoux，*What Did the Romans Know?*，2012，227；Hacking，“Introductory Essay”，2012，xvii—xxi）。但是，实际上，在汉森的《发现的模式》（*Patterns of Discovery*，1958）中，这个词已经被反复使用（16、30、91、150、161）。尽管不是全部，但其中一些似乎显然是库恩的用法的原型。库恩第一次使用“paradigm”是在一篇于1959年提交的会议论文中，在汉森的书面世之后（“The Essential Tension”，后来被收入了，Kuhn，*The Essential Tension*，1977，225—239）。汉森也先于库恩强调了格式塔心理学的重要性，强调了维特根斯坦的哲学。汉森的文字在《结构》中被引用了四次，库恩后来也强调了他受汉森的影响之深（Kuhn，*The Road since Structure*，2000，311；Nye，*Michael Polanyi and His Generation*，2011，242）。

这在对库恩的诠释中引发了一个更大问题。乔尔·艾萨克（Joel Isaac）已经主张，库恩的工作和一系列接近当代的工作之间的明显相似性是一种追溯式建构（Isaac，*Working Knowledge*，2012，232）。但是，他没有考虑这些工作对库恩的影响。于是，他说库恩在1958—1959年“偶然发现”了一种范例概念，忽视了汉森影响库恩的可能性。（在阅读《结构》草稿时，费耶阿本德发现，它总体上太让人联想起汉森的著作。见Hoyningen-Huene，‘Two Letters’，1995。）艾萨克也

认为，库恩的《结构》和波拉尼（Polanyi）的《个人知识》（*Personal Knowledge*，1958）之间的表面相似具有误导性，尽管库恩在《结构》中称波拉尼的书“才华横溢”［44；有时候，有人说，库恩的很多思想都是从波拉尼那里剽窃来的。于是，麦金太尔（MacIntyre）写道，库恩的自然科学观“似乎大体上要归功于迈克尔·波拉尼的著作（库恩从来没有承认过这一点）”，MacIntyre,“Epistemological Crises”，1977，465］。圆括号中的陈述完全是错误的，因为从《结构》的第一版起，库恩就承认了。当然，在第三版即以后各版的索引中，它被省略了）。库恩和费耶阿本德之间的相似性也是如此。不过，在1960和1961年，他们交流密切（Hoyningen-Huene，“Three Biographies”，2005）。艾萨克主张，把库恩和其他作者放在一起来读，把库恩当作实在主义的一个反对者来读，“把库恩的书的接受与其创作历史背景结合起来”（4；经典的接受文本是，Shapere，“The Structure of Scientific Revolutions”，1964）。但是，库恩本人认为，艾萨克的诠释寻求颠覆（Kuhn，*The Road since Structure*，2000，90—91）。

因此，艾萨克就《结构》对实证主义的攻击的意义所做的表述有些轻描淡写。按照库恩的观点，实证主义支撑了“当代最流行的对科学理论的性质和功能的诠释”（Kuhn，*Structure*，1996，98—103；Isaac，*Working Knowledge*，2012，231—232；如果想了解对这一当代诠释的概括描述，见Hesse，“Comment”，1982，704），歪曲了《结构》的创作环境。艾萨克在一种哈佛背景中对库恩的“地方性”解读是有价值的，但库恩于1956年离开了哈佛。哈佛式解读的关键文本因而不应该是《结构》，而是《哥白尼革命》。《哥白尼革命》出版于1957年，在很大程度上被艾萨克忽略了。《结构》则（就像艾萨克有时候似乎承认的那样）被正确解读为对一种要宽泛得多的、国际性的、反实证主义的辩论的投入。

6.并非所有人都同意，数学的真理是必然的。维特根斯坦认为，我们“制作”或“发明”数学真理，我们不是“发现”它们（http://plato.stanford.edu/entries/wittgenstein-mathematics/revised 21/02/2011）。强方案寻求把这一原则从数学拓展到科学（Bloor，“Wittgenstein and Mannheim”，1973）我要问的问题不是“雷吉奥蒙塔努斯和霍布斯对数学的看法是正确的吗”，而是“他们对数学的理解会怎样有助于为可靠的科学知识奠定基础”。即使维特根斯坦认为存在一种符合数学真理的现实，但“符合它们的现实是我们可以用它们”（Conant，“On Wittgenstein’s Philosophy of Mathematics”，1997，220）。科学就是我们对我们的数学的应用之一，我们的数学和科学互相支撑。在讨论数学的功用时，布鲁尔含蓄地假设，它可以被用于使特定类型的社会关系成为可能。于是，他认为，如果把数学称为一种意识形态，就像君主主义那样，那么这也许是正确的（189）。但是，数学也涉及维特根斯坦所谓的“我们的实际要求”（188）。此外，如果2+2=4是一种准则，那么它不像君权神授，倒像“在制作蛋黄酱时，你应该一滴一滴地加油”。

7.如果想避开那种认为好、坏科学难以区分的标准相对主义主张，同时又避免求助于一种独立的现实，那么方法之一是主张现实自身发生变化，因此你就能够把自然和社会“对称地”当作同一历史的组成部分。这是行动者网络理论（ANT）的方法。如果想获得一个令人印象深刻的例子，可参看，Law，“Technology and Heterogeneous Engineering”（1987）。如果想了解这一方法背后的思维，可参看，Latour，“One More Turn after the Social Turn”（1992）。这一方法拒绝爱丁堡学派和巴斯学派的方法论的相对主义，令人钦佩。但是，它导致了一种激进的历史主义（“我的解答……是更多的历史化，而非更少”，见于，Latour，*Pandora’s Hope*，1999，169）。按照这种历史主义，在塔斯曼于1642年“发现”塔斯马尼亚之前，塔斯马尼亚不存在；在科赫于1882年发现肺结核之前，肺结核不存在。因此，一切事实都是人为现象（可参看上面，256页注释，540页）。这种观点是不真实

的。自然和现实也被当成了人为现象，而这把我们带回了相对主义，只是路线不同。按照拉图尔的观点，自然法则仅在有科学家和科学仪器的地方才有效，正如只有在有冰库和冷冻卡车的地方才能发现冻鱼条（Latour，*We Have Never Been Modern*，1993，91—129）。

8.Bloor，*Knowledge and Social Imagery*（1991）。如果想了解对它的批判，见Slezak，“A Second Look”（1994）。关于布鲁尔没能认识到自然限制科学，可以在第39页找到一个惊人的例子［当然，在最后一句“我们完全有理由喜欢我们的理论（而非普里斯特利的理论），因为它的内在一致性可以在一系列理论所解释的实验和经验上得到保持”中，他做了让步。这一让步显得具有毁灭性，因为它与同等公理不兼容］。重要的是，要区别对称原则（应该以同样的方式解释好、坏科学）和公平原则（失败的科学应该像成功的科学那样被仔细研究。早在1933年，亚历山大·科伊雷就表述了这一原则。见Zambelli，“Introduzione”，1967，14）。于是，贝尔托利尼·梅利（Bertoloni Meli）诉诸一种对称原则（Bertoloni Meli，*Equivalence and Priority*，1993，14），但他的观点只要求一种公正原则。实际上，他对莱布尼茨和牛顿的冲突的解释不是对称的，因为莱布尼茨是一个剽窃者，而牛顿不是。

9.我的观点与皮克林的《实践的碾压机》（*The Mangle of Practice*，1995）的观点相似。当然，皮克林避免使用“约束”这个词，因为他认为它暗示了社会强制（65—67），而更愿意使用“抵制”这个词。可比较哈里·柯林斯对他的假设“自然世界根本不约束被认为是的东西”的辩护［Collins，“Son of Seven Sexes”，1981，54；柯林斯说他的立场在1980年变得没那么极端了（Labinger&Collins编辑，*The One Culture*?，2001，184n），因此值得注意的是，我在这里引用的是他成熟或稳健的立场］。如果这是真实的，那么哥伦布就会抵达中国，大蒜就会让磁铁失去效力，猪就会飞。重要的是要明白，柯林斯的相对主义（就像强方案的相对主义那样）不是一种经验主义探索方案的

结果［即使他称其为“经验主义的相对主义方案”（Collins，“Introduction”，1981）］，而是其前提。他的整个事业都“停留在那种规定之上，‘对待描述性语言就像它与想象的物体有关那样’”（Collins，*Changing Order*，1985，16）。很显然，如果这是你的前提，那么你唯一的结论必然是，科学涉及某种“巧妙的花招”（6），说服人们相信想象的物体实际上存在的花招。当然，就连柯林斯也屈服于这一花招（见Collins，“Son of Seven Sexes”，1981，34，54），然而他坚持这么做是错误的。因此，经验主义事业之所以存在，只是为了阐明柯林斯的相对主义前提，而非检验它。此外，令人深感难以置信的是，它要求你去认为，不可能是真的事物（是“真的令人难以置信的”）也许是真的。一些读者也许认为，柯林斯不可能是真的，是我虚构了他［仿效了索卡尔骗局（Sokal，*Beyond the Hoax*，2008）。这样一种想法不会是不合理的］。我向他们保证他的确存在，不是一个疯子，因为疯子不会当选英国学院的成员。

如果想了解对“约束”说法比较慎重的系统拒绝，可参看，Shapin，“History of Science and Its Sociological Reconstructions”（1982），196—197。沙宾提供的东西基本上是一种循环论证。约束说法和相对主义是不兼容的，但历史学家致力于相对主义，结果他们必然不谈论约束。其次，他凭借迪昂—奎因命题提出，约束科学家的东西不是现实，而是一种对现实的特殊描述。但是，如果就像这一主张那样，假定科学争议的结果总是可以变更的，那么这就是错的。当伽利略看见金星的相时，不存在替代的描述他的所见的方法。也不可能有，除非有人准备质疑所有人都有好的理由共同坚持的假设（例如光以直线传播）。

10.我们还可以轻松地增加下面这些例子：Mornet，*Les Origines intellectuelles de la Révolution française*（1933）；Lefebvre，*The Coming of the French Revolution*（1947）；Bailyn，*The Ideological Origins of the American Revolution*（1967）；Trevor-Roper，“The

Religious Origins of the Enlightenment”（1967）；Stone，*The Causes of the English Revolution*（1972）；Weber，*Peasants into Frenchmen*（1976）；Baker，*Inventing the French Revolution*（1990）；Chartier，*The Cultural Origins of the French Revolution*（1991）；Skinner，“Classical Liberty and the Coming of the English Civil War”（2002）；Bayly，*The Birth of the Modern World*（2003）。同样具有回顾性质是关于衰落的书，例如，Thomas，*Religion and the Decline of Magic*（1997）；或关于失败的书籍，例如，MacIntyre，*After Virtue*（1981）。

当然，旧的回顾性故事之所以被抛弃，原因之一是它们非常令人不满意，就像埃尔顿（Elton）和他之后的一系列学者在英国内战上所显示的那样（Elton，“A High Road to Civil War？”1974），或者就像科班（Cobban）和他之后的一系列学者在法国革命上所显示的那样（Cobban，*The Social Interpretation of the French Revolution*，1964）。但是，一种被干得很糟糕的工作并不意味着它不能被干得较好；很难设想，除了把英国内战解释为一个不幸的事件（它只需乞灵于那个为什么不能再次恢复原样问题），我们对它的任何解释都不可能被认为令人满意。我也理解不了，为什么历史学家应该把很多有趣的问题让给政治、哲学、社会学等学科？难道仅仅是因为他们要求考虑开端和终结吗？

简单的真相是，对辉格史观的界定已经一年比一年严谨。但是，在科学史中，所谓的辉格史观问题尤其引发争议。这是因为它被用来审查对科学取得的进步的承认，从而把同等公理当作一种历史方法原则而加以固守。在这方面，态度也年复一年愈发受到限制。1996年，和众人一样反对辉格史观的历史学家罗伊·波特（Roy Porter）出版了一部著作（撰写时间显然较早，也许是1989年）。他在书中提到，科学革命产生了“实实在在、永久的成就，充满了未来的希望”。他还写了“科学的进展”（Porter，“The Scientific Revolution and Universities”，

1996，538，560；可比较，Porter，“The Scientific Revolution”，1986，302）。到了松绑的时候了。

11.当我就这本书开始工作时，达斯顿的《科学研究和历史科学》（“Science Studies and the History of Science”，2009）对当前的情况做了很好的分析。我们之间的不同是一个侧重点，因为在我看来，达斯顿低估了时代错误恐惧削弱科学史的程度，高估了科学史疏远对称原则的程度。（就科学史已经失去其方向感而言，较早意识到这一点的有，Secord，“Knowledge in Transit”，2004，671。）在其《新序言》（“New Preface”，2005，xi）中，戈林斯基（Golinski）总结了科学战争之后不久的状况。他写道：“建构主义也许已经丧失了其早期希望的一些花朵……但它仍然在默许假设层面鼓舞了历史学术成就。”

戈林斯基认为，强方案的相对主义能够并且应该被用作“一种工具而非一种总体的怀疑的表达”。这一观点是糊涂的。他还暗示，建构主义可以被视为“对一系列其他方法的补充”（x—xi）。在这两方面，他也许都是典型。没错，老练的强方案支持者坚持，他们在日常生活中不是相对主义者。但是，他们没有暗示，当你作为历史学家或社会学家研究科学时，可以暂时充当一个相对主义者。他们的相对主义不能像一种工具那样被拿起或放下，因为它是一种方法论假设，控制着混乱的非相对主义问题。在这方面，他们是彻头彻尾的相对主义者。

戈林斯基暗示，只时随着科学战争爆发，建构主义事业才失去了其方向感。这也是错的。实际上，到了索卡尔骗局时（1996），那种事业已经深陷麻烦。从外部来说，它已经遭到了毁灭性的批判，例如，Laudan，“Demystifying Underdetermination”（1990）。作为局内人，布鲁诺·拉图尔的声明表达了不断积累的危机感。他说，“在经过数年迅速的发展之后，科学社会研究陷入了停滞”（Latour，“One More turn After the Social Turn”，1992，272）。它们过去是这样，现

在依然是（不过，皮克林的《实践的碾压机》代表着一种回到正确道路的重要尝试）。

自维多利亚·E.博内尔（Victoria E.Bonnel）和林恩·亨特（Lynn Hunt）出版一部名为“超越文化转向”（Beyond the Cultural Turn）的论文集以来，15年过去了。在这本书里，他们寻求走出他们所谓的“我们当下的困境”的方法（Bonnell&Hun，“Introduction”，1999，6），但没有找到。唉！现在还有很多人像尼克·威尔丁（Nick Wilding）那样，认为“社会建构主义走得几乎还不够远”。威尔丁怀疑，在17世纪，“科学实践太地方化，不可转让，结果规范思想属于一种启蒙运动的风景，而非一种现代早期认识论的风景”（Wilding,*Galileo's Idol*，2014，136—137）。这样一种方法不可避免地致使科学革命完全无从察觉。它暗示，伽利略认为不可能无视自然把谬误变成真理的观点完全是错误的，霍布斯错误地把伽利略当成了一种新型知识的奠基人，狄德罗的梦代表着科学事业诞生故事的开始而非结束。当然，这是错的。在伽利略于1633年遭到谴责之后的50年里，他的著作的出版地点有斯特拉斯堡（1634、1635、1636）、莱顿（1638）、巴黎（1639、1681）、帕多瓦（1640、1649）、里昂（1641）、拉文纳（1649）、伦敦（1653、1661、1663、1665、1667、1682、1683）、博洛尼亚（1655—1656，1664）、阿姆斯特丹（1682）。这些地点直截了当地证明了伽利略的新科学的可转让性。此外，也许还可加上梅森、丹斯（Danese）、威尔金斯等人的普及性著作。如果这是地方性，那么其对立面会是什么样子呢?

关于日期和引文的注释

我给出的出版日期是书名页上的日期。例如，洛克的《随笔》（*Essay*）出现于1689年，但书名页说是1690年；波普尔《研究的逻辑》（*Logik der Forschung*）出现于1934年秋，但书名页说是1935年；科伊雷的《研究》（*Études*）标注的日期是1939年，却出现于1940年。沃尔特·查理顿的《三重悖论》是个例外。它标注着1650年的版本有两个，其中之一出现于1649年。于是，为了显示我使用过的是哪一版本，我给出的出版日期是1649年。

我标注的年份始于1月1日。例如，牛顿的第一个出版物的日期是1671/1672年2月6日，我称其为1672年。

我保留引文中原有的单词拼法和标点，不过调整了“u”和“v”“i”和“j”。

关于互联网的注释

在过去的10年里，学术事业已经被互联网改变了。这里引用的所有现代早期文本都可以在互联网上找到，一些在订阅服务上［Early English Books Online（EEBO），Eighteenth Century Collections Online（ECCO）］，但很多在开放获取的网站上（Google Books，Gallica）。

我对单词的历史的研究尤其以互联网为基础。下面是关键的来源：1.英语方面，主要来源于《牛津英语词典》，EEBO和ECCO的搜索工具做了补充。EEBO搜索了所有的标题，以及好像约25%的文本（但是，实际上远不至此，因为很多文本以几种版本被复制了）。ECCO（非常没有规律地）搜索数据库（它几乎是完善的）中的所有文本。你也可以在“http://leme.library.utoronto.ca”上搜索现代早期英语词典。2.法语方面，是从“http://artfl-project.uchicago.edu/contentdictionnaires-dautrefois”上的公开获取词典集。3.意大利语方面，是“http://vocabolario.signum.sns.it/”上的“*Vocabolario degli accademici della Crusca*（1612）”。4.就所有语言而言，尤其是拉丁语，则是谷歌书籍以及其他电子书集（例如“archive.org”和“gallica.bnf.fr”）上的资源。我没有注明这些搜索的日期，但我写这本书的主体是在2012—2014年。当然，随着进一步的材料上线，以及《牛津英语词典》修订，结果会发生变化。

但是，这是我对互联网的借用的一部分。邮递员日复一日地把书籍包裹送上门。它们来自世界上遥远的角落。17世纪的学者有时候觉得，他们正在淹卒于书籍的海洋中。随着书桌上或身旁的书越积越多，我也有这种感觉。但是，我绝大多数时候的感受是，我好像置身

海洋深处，不知道在何时、何地才能上岸，但又为自己正在进行发现航行而欣悦。

致谢

我觉得，除了一些可敬的例外，绝大多数科学史家并没有公平对待他们的学科。[注]这本书就是出自这一感觉。我不期盼他们认同这种对他们的专业的评估。对他们来说，这将不可避免地显得不过是出于一种误解。用亚历山大·科伊雷的话说，“人的思想是好辩的，靠着否定而兴旺。新的真理是旧的真理的敌人，它们必须把后者变成虚妄”。如果不存在分歧，有时候甚至尖锐的分歧，那么就不可能兴旺起来。

但是，我不是为了分歧和新奇而寻求分歧或新奇。老实说，我的不同见解的形成是缓慢和不情愿的，并且只是因为在当今那些被误认为优秀的学术成就的描述中，科学和科学革命的一些关键特征（就像在我看来的那样）被忽视或被无视了。就像帕斯卡尔在宣布自然对真空的存在漠不关心时所说的那样，“在抛弃那些被那么普遍接受的观点时，我不无遗憾。我只屈服于真理的强迫。只要我还有理由坚守旧的思想，就会抵制这些新思想”。

我自己的知识发展在很大程度上要归功于吕西安·费夫尔（Lucien Febvre）。这一点将变得明显。在中世纪思维方式向现代思维方式的转变上，他的《16世纪的无信仰的问题》（*The Problem of Unbelief in the Sixteenth Century*，1942）依然是最重要的著作。我在我学术生涯的头十年攻击了它。数年之后的现在，我发现自己在捍卫它。就我们与前辈斗争的方式而言，这是一个不错的例子。布鲁诺·斯奈尔（Bruno Snell）的《头脑的发现》（*The Discovery of the Mind*，1946）是同一时期的书，它为我提供了一种思考模式。

但是，过去的书并不是我唯一的灵感源泉。从伊恩·哈金和洛兰·达斯顿那里，我学到了如何践行历史认识论。从吉姆·班尼特（Jim Bennett）那里，我明白了科学革命不是由众多革命构成，而是一场革命。原因很简单，构成它的所有不同的革命的灵感来自数学家。我还从拉里·劳丹的《揭秘非充分决定》（*Demystifying Underdetermination*，1990）、安德鲁·皮克林（Andrew Pickering）的《实践的碾压机》（1995）和约翰·扎米托（John Zammito）的《一种微妙的认识紊乱》（*A Nice Derangement of Epistemes*，2004）那里获得了特殊鼓励。

第七章首次是以牛津大学生埃德蒙学堂2011年埃姆登讲座面世的，后来又成了谢菲尔德大学的一种跨学科讲座，以及一门向约克哲学学会开讲的讲座。在约克大学2014年埃尔默讲座和在伊利诺斯理工学院举办的一种讲座中，我已经呈现了这本书的核心观点。一些观点，尤其是第三、七章中的一些观点，最初在为泰晤士报文学副刊写的评论文章里受到了检验。我要感谢那里的编辑，谢谢他们给我的机会。我也要对我在约克大学的部门和学生深表谢意，谢谢我的部门允许我在过去十年专心致志于科学史，谢谢我聪明、勤奋的学生。

一些学者和同事审阅了这本书的一些部分，提出了有益的批评意见。他们是吉姆·班尼特、萨拜因·克拉克（Sabine Clark）、迈克尔·库博维（Michael Kubovy）、雷切尔·劳丹（Rachel Laudan）、保罗·帕尔米耶里（Paolo Palmieri）、克劳斯·沃格尔（Klaus Vogel）、汤姆·韦尔奇（Tom Welch）。阿兰·查默斯（Alan Chalmers）、斯蒂芬·柯林斯（Stephen Collins）、克里斯托弗·葛兰尼（Christopher Graney）、约翰·凯克什（John Kekes）、阿兰·索卡尔（Alan Sokal）、索菲·威克斯（Sophie Weeks）通读了一份草稿，并且就关键问题在辩论中战胜了我。约翰·舒斯特（John Schuster）非常慷慨，审阅了不止一份草稿，还把鼓励和批评完美结合了起来。朱利亚·雷斯（Julia Reis）提供了弥足珍贵的帮助，尤其是在德语语句上。还有众多的个人给我提供了指

导，使我免于出错，其中包括法比奥·阿切尔比（Fabio Acerbi）、阿德里安·艾尔默（Adrian Aylmer）、迈克·比尼（Mike Beaney）、马尔科·贝尔塔米尼（Marco Bertamini）、皮特·比勒（Pete Biller）、安·布莱尔（Ann Blair）、斯图尔特·卡罗尔（Stuart Carroll）、H.弗洛里斯·科恩（H.Floris Cohen）、斯蒂芬·克卢卡斯（Stephen Clucas）、西蒙·迪奇菲尔德（Simon Ditchfield）、托比·戴克（Toby Dyke）、约翰·埃利奥特（John Elliott）、莫迪凯·法因戈尔德（Mordechai Feingold）、菲利普·费尔南德斯—阿梅斯托（Felipe Fernández-Armesto）、皮埃尔·菲亚拉（Pierre Fiala）、阿瑟·法恩（Arthur Fine）、玛丽·加里森（Mary Garrison）、阿尔弗雷德·希亚特（Alfred Hiatt）、马克·詹纳（Mark Jenner）、斯蒂芬·约翰斯顿（Stephen Johnston）、哈里·吉斯科包罗斯（Harry Kitsikopoulos）、拉里·劳丹、斯蒂芬·利夫西（Steven Livesey）、迈克尔·罗伊（Michael Löwy）、诺埃尔·马尔科姆、塞拉·马利克（Saira Malik）、亚当·莫斯利（Adam Mosley）、杰米·纽厄尔（Jamie Newell）、艾琳·里夫斯（Eileen Reeves）、克里斯·伦威克（Chris Renwic）、斯图尔特·雷诺兹（Stuart Reynolds）、理查德·萨金特森（Richard Serjeantson）、艾伦·夏皮罗、芭芭拉·夏皮罗（Barbara Shapiro）、威廉·谢伊（William Shea）、马克·史密斯（Mark Smith）、希拉·斯内丹（Shelagh Sneddon）、里克·沃森（Rick Watson）、尼克·威尔丁、阿尔伯特·范·黑尔登（Albert van Helden）、大卫·沃默斯利（David Womersley）。我尤其要感谢欧文·金格里奇、迈克尔·亨特（Michael Hunter），他们为出版社审阅了这本书。他们是一个作者希望拥有的最好的读者，我后来一再向他们征求意见。

这本书的原来的方案是在和我杰出的经纪人彼得·鲁滨逊（Peter Robinson）的密切合作中被制订的。艾伦—莱恩出版社的斯图尔特·普罗菲特（Stuart Proffitt）给予了这本书精心的照顾和关注。他在这方面可谓实至名归。如果没有他，这本书会糟糕得多。这本书也长多了。他从一开始就想做一本大部头书籍，并在一定程度上设法做到了这一点。与此同时，我的美国经纪人迈克尔·卡莱尔（Michael Carlisle）和

出版商比尔·斯特罗恩（Bill Strachan）正相反，他们殷切地盼望我早日完成。最后，我完成了。在搜索插图上，苏珊·斯通（Susannah Stone）的工作卓有成效。萨拉·戴（Sarah Day）是一个目光敏锐的文字编辑。索引是其作者标注的，就像这种规模的索引所应该的那样。我用“Mellel”软件做文字处理，用“Sente”软件来做参考书目。我怎么称赞它们都不为过。

如果我有什么错误和疏失，以上人等不担任何责任。

就像以前那样，我的思考是在和马修·帕特里克（Matthew Patrick）的对话中发展起来的。最重要的是，我要感激艾利森·马克，没有她就一无所有，有了她就有了一切。

泰丁沃斯，莱斯特郡

2015年春

---

1. “关于相对主义和相对主义者的注释”，第11条（第590—592页）。

参考书目

Abercromby, David. *Academia scientiarum: Or the Academy of Sciences*. London: HC for J Taylor, 1687.

Accademia del Cimento. *Essayes of Natural Experiments*. Trans. R Waller. London: B Alsop, 1684.

———. *Saggi di naturali esperienze*. Florence: G Cocchini, 1667.

Achillini, Alessandro. *De elementis*. Bologna: J Antonius, 1505.

Ackerman, James S. 'Art and Science in the Drawings of Leonardo da Vinci'. In *Origins, Imitation, Conventions: Representation in the Visual Arts*. Cambridge, Mass: MIT Press, 2002: 143–73.

———. 'Early Renaissance "Naturalism" and Scientific Illustration'. In *Distance Points: Essays in Theory and Renaissance Art and Architecture*. Cambridge, Mass: MIT Press, 1991: 185–210.

Adams, Douglas. *The Hitchhiker's Guide to the Galaxy: A Trilogy in Four Parts*. London: Heinemann, 1986.

Addison, Joseph and Richard Steele (eds.). *Spectator*. 8 vols. London: S Buckley and J Tonson, 1712–15.

Adelman, Janet. 'Making Defect Perfection: Shakespeare and the One-sex Model'. In *Enacting Gender on the English Renaissance Stage*. Ed. V Comensoli. Urbana: University of Illinois Press, 1999: 23–52.

Adorno, Rolena. 'The Discursive Encounter of Spain and America: The Authority of Eyewitness Testimony in the Writing of History'. *The William and Mary Quarterly* 49 (1992): 210–28.

Agassi, Joseph. 'Who Discovered Boyle's Law?' *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 8 (1977): 189–250.

Aggiunti, Niccolò. *Oratio de mathematicae laudibus*. Rome: Mascardus, 1627.

Agricola, Rudolf and Joachim Vadianus. *Habes lector: hoc libello. Rudolphi Agricolae ivnioris Rheti, ad Joachimum Vadianum Heluctiu(m) Poeta(m) Laureatu(m), Epistolam, qua de locor(um) non nullorum obscuritate quaestio*

sit et percontatio. Vienna: J Singrenues, 1515.

Aiken, Jane Andrews. 'The Perspective Construction of Masaccio's "Trinity" Fresco and Medieval Astronomical Graphics'. *Artibus et historiae* 16 (1995): 171–87.

Aït-Touati, Frédérique. *Fictions of the Cosmos: Science and Literature in the Seventeenth Century*. Trans. S Emanuel. Chicago: University of Chicago Press, 2011.

Alberti, Leon Battista. *De pictura*. Ed. C Grayson. Rome: Laterza, 1980.

———. *On Painting*. Ed. M Kemp. Trans. C Grayson. London: Penguin, 1991.

———. *On Painting: A New Translation and Critical Edition*. Ed. R Sinisgalli. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

———. *On Painting and on Sculpture: The Latin Texts of De pictura and De statua*. Ed. C Grayson. London: Phaidon, 1972.

Alder, Ken. 'Making Things the Same: Representation, Tolerance and the End of the Ancien Régime in France'. *Social Studies of Science* 28 (1998): 499–545.

Alexander, Amir. 'Lunar Maps and Coastal Outlines: Thomas Harriot's Mapping of the Moon'. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 29 (1998): 345–68.

Alighieri, Dante. *La Quaestio de aqua et terra*. Ed. A Müller and SP Thompson. Florence: LS Olschki, 1905.

Allen, James V. *Inference from Signs: Ancient Debates about the Nature of Evidence*. Oxford: Clarendon Press, 2001.

Allen, Robert C. *The British Industrial Revolution in Global Perspective*. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

Alvargonzález, David. 'Is the History of Science Essentially Whiggish?' *History of Science* 51 (2013): 85–100.

Ambrose, Charles T. 'Immunology's First Priority Dispute – An Account of the 17th-century Rudbeck–Bartholin Feud'. *Cellular Immunology* 242 (2006): 1–8.

Andrade, EN da C. 'The Early History of the Vacuum Pump'. *Endeavour* 16 (1957): 29–35.

Anon. 'An Accompt of Some Books'. *Philosophical Transactions* 10 (1675): 505–14.

———. 'Account of Books'. *Philosophical Transactions* 19 (1697): 475–84.

———. 'An Advertisement Concerning the Invention of the Transfusion of Bloud'. *Philosophical Transactions* 2 (1666): 489–90.

Anstey, Peter R. 'Experimental versus Speculative Natural Philosophy'. In *The Science of Nature in the Seventeenth Century*. Ed. P Anstey and J Schuster. Berlin: Springer, 2005: 215–42.

———. 'The Methodological Origins of Newton's Queries'. *Studies in History*

———. 'The Methodological Origins of Newton's Queries'. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 35 (2004): 247–69.

Antinori, Vincenzo. '*Notizie istoriche*'. In *Saggi di naturali esperienze fatte nell'Accademia del cimento*. Florence: Tip. Galileiana, 1841: 1–133.

Applebaum, W. *Encyclopedia of the Scientific Revolution: From Copernicus to*

Newton. New York: Garland, 2000.

Ariew, Roger. 'The Duhem Thesis'. *British Journal for the Philosophy of Science* 35 (1984): 313–25.

———. 'The Initial Response to Galileo's Lunar Observations'. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 32 (2001): 571–81.

———. 'The Phases of Venus before 1610'. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 18 (1987): 81–92.

Aristotle. *On the Heavens.* Ed. WKC Guthrie. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1939.

Arnauld, Antoine. *Première Lettre apologétique de Monsieur Arnauld Docteur de Sorbonne*. [S.l.]: [s.n.], 1656.

Arnauld, Antoine and Pierre Nicole. *La Logique, ou l'art de penser.* Paris: Flammarion, 1970.

———. *Response au P. Annat, provincial des Jésuites, touchant les cinq propositions attribuées à M. l'Evesque d'Ipre, divisée en deux parties.* [s.l.]: [s.n.], 1654.

Arnheim, R. 'Brunelleschi's Peepshow'. *Zeitschrift für Kunstgeschichte* 41 (1978): 57–60.

Ash, Eric H. '"A Perfect and an Absolute Work" – Expertise, Authority and the Rebuilding of Dover Harbor, 1579–1583'. *Technology and Culture* 41 (2000): 239–68.

Ashby, Eric. *Technology and the Academics: An Essay on Universities and the Scientific Revolution.* London: Macmillan, 1958.

Ashworth Jr, William B. 'Natural History and the Emblematic World View'. In *Reappraisals of the Scientific Revolution.* Ed. DC Lindberg and RS Westman. Cambridge: Cambridge University Press, 1990: 303–32.

Atkinson, Catherine. *Inventing Inventors in Renaissance Europe: Polydore Vergil's De inventoribus rerum.* Tübingen: Mohr Siebeck, 2007.

Auger, Léon. *Un savant méconnu, Gilles Personne de Roberval, 1602–1675; son activité intellectuelle dans les domaines mathématique, physique, mécanique et philosophique*. Paris: A Blanchard, 1962.

Augst, Bertrand. 'Descartes's Compendium on Music'. *Journal of the History of Ideas* 26 (1965): 119–32.

Aurelius, Marcus. *The Meditations of the Emperor Marcus Aurelius*. Ed. ASL Farquharson. Oxford: Clarendon Press, 1968.

Austin, John Langshaw. *How to Do Things with Words.* Oxford: Clarendon Press, 1962.

Bacchelli, Franco. '*Palingenio e la crisi dell'aristotelismo*'. In *Sciences et religions: De Copernic à Galilée*. Rome: École Française de Rome, 1999.

Bachelard, Gaston. *The Formation of the Scientific Mind: A Contribution to a Psychoanalysis of Objective Knowledge*. Trans. M McAllester-Jones. Manchester: Clinamen Press, 2002.

———. *La Formation de l'esprit scientifique: contribution à une psychanalyse de*

la connaissance objective. Paris: J. Vrin, 1938.
———. *The New Scientific Spirit*. Boston: Beacon Press, 1985.
———. *Le Nouvel Esprit scientifique*. Paris: Librairie Félix Alcan, 1934.
Bacon, Francis. *The Essayes or Counsels, Civill and Morall*. London: J Haviland, 1625.
———. *Instauratio magna*. London: J Bill, 1620.
———. *The Novum organum . . . Epitomiz'd*. Trans. MD. London: T Lee, 1676.
———. *Of the Proficience and Aduancement of Learning, Divine and Humane*. London: H Tomes, 1605.
———. *Sylva sylvarum, or A Naturall Historie*. London: W Lee, 1627.
———. *Works*. Ed. J Spedding, RL Ellis and DD Heath. 14 vols. London: Longman 1857–74.
Bailey, Nathan. *An Universal Etymological English Dictionary*. London: E Bell, 1721.
Baillet, Adrien. *La Vie de Monsieur Des-Cartes*. 2 vols. Paris: D Horthemels, 1691.
Bailyn, Bernard. *The Ideological Origins of the American Revolution*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1967.
Baker, Keith Michael. *Inventing the French Revolution*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
Balbiani, Laura. *La magia naturalis di Giovan Battista della Porta*. Bern: Lang, 2001.
Baldasso, Renzo. 'The Role of Visual Representation in the Scientific Revolution: A Historiographic Inquiry'. *Centaurus* 48 (2006): 69–88.
Ball, Philip. *Curiosity: How Science became Interested in Everything*. London: Bodley Head, 2012.
Baltrusaitis, Jurgis. *Anamorphoses, ou Perspectives curieuses*. Paris: O Perrin, 1955.
Bamford, Greg. 'Popper and His Commentators on the Discovery of Neptune: A Close Shave for the Law of Gravitation?' *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 27 (1996): 207–32.
Bannister, Saxe. *Denis Papin: Notice sur sa vie et ses écrits*. Blois: F Jahyer, 1847.
Barber, William H. 'The Genesis of Voltaire's "Micromégas"'. *French Studies* 11 (1957): 1–15.
Barbette, Paul. *The Chirurgical and Anatomical Works . . . Composed according to the Doctrine of the Circulation of the Blood, and Other New Inventions of the Moderns*. London: J Darby, 1672.
Barker, Graeme. *The Agricultural Revolution in Prehistory: Why Did Foragers become Farmers?* Oxford: Oxford University Press, 2006.

Barker, Peter. 'Copernicus and the Critics of Ptolemy'. *Journal for the History of Astronomy* 30 (1999): 343–58.
———. 'Copernicus, the Orbs and the Equant'. *Synthèse* 83 (1990): 317–23.
Barker, Peter and Bernard R Goldstein. 'The Role of Comets in the Copernican Revolution'. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 19: 299–319 (1988).

Barnes, Barry. *T. S. Kuhn and Social Science*. London: Macmillan, 1982.
Barnes, Barry and David Bloor. 'Relativism, Rationalism and the Sociology of Knowledge'. In *Rationality and Relativism*. Ed. M Hollis and S Lukes. Oxford: Blackwell, 1982: 21–47.
Barnhart, Clarence Lewis. *The American College Dictionary*. New York: Random House, 1959.
Baron, Sabrina, Eric Lindqvist and Eleanor Shevlin (eds.). *Agent of Change: Print Culture Studies after Elizabeth L. Einstein*. Amherst, Mass.: University of Massachusetts Press, 2007.
Barozzi, Francesco. *Cosmographia in quatuor libros distributa summo ordine*. Venice: G Perchacinus, 1585.
Barthes, Roland. '*Le Discours de l'histoire*'. *Social Science Information* 6 (1967): 63–75.
———. 'The Reality Effect'. In *The Rustle of Language*. Trans. R Howard. Oxford: Blackwell, 1986: 141–8.
Bartholin, Caspar. *Anatomicae institutiones corporis humani utriusque sexus historiam*. Wittenberg: Raab, 1611.
Bartholin, Caspar, Thomas Bartholin and Johannes Walaeus. *Institutiones anatomicae, novis recentiorum opinionibus & observationibus, quarum innumerae hactenus editae non sunt*. Leiden: Hackius, 1641.
Bartholin, Thomas. *The Anatomical History of Thomas Bartholinus, Doctor and Kings Professor, Concerning the Lacteal Veins of the Thorax, Observ'd by Him Lately in Man and Beast*. London: O Pulleyn, 1653.
Bartholin, Thomas, Johannes Walaeus and others. *Bartholinus Anatomy: Made from the Precepts of His Father, and from the Observations of All Modern Anatomists*. London: P Cole, 1662.
Bartlett, Robert. *Trial by Fire and Water: The Medieval Judicial Ordeal*. Oxford: Oxford University Press, 1986.
Barton, Ruth. '"Men of Science": Language, Identity and Professionalization in the Mid-Victorian Scientific Community'. *History of Science* 41 (2003): 73–119.
Bataillon, Marcel. '*L'idée de la découverte de l'Amérique chez les Espagnols du XVIe siècle (d'après un livre récent)*'. *Bulletin hispanique* 55 (1953): 23–55.
Bates, William. *The Divinity of the Christian Religion*. London: JD, 1677.
Baxandall, Michael. *Painting and Experience in Fifteenth-century Italy*. Oxford: Oxford University Press, 1972.
Baxter, Richard. *A Paraphrase on the New Testament*. London: B Simmons, 1685.
———. *A Treatise of Knowledge and Love Compared*. London: T Parkhurst, 1689.

Bayle, Pierre (ed.). *Nouvelles de la république des lettres*. Amsterdam: Desbordes, 1684–1709.
———. *Projet et fragmens d'un dictionnaire critique*. Rotterdam: R Leers, 1692.
Bayly, Christopher. *The Birth of the Modern World: Global Connections and*

Comparisons. Oxford: Blackwell, 2007.

Bechler, Zev. 'Newton's 1672 Optical Controversies: A Study in the Grammar of Scientific Dissent'. In *The Interaction between Science and Philosophy*. Ed. Y Elkana. Atlantic Highlands, NJ: Humanities Press, 1974: 115–42.

Bedini, Silvio A. *The Pulse of Time: Galileo Galilei, the Determination of Longitude, and the Pendulum Clock*. Florence: LS Olschki, 1991.

———. 'The Role of Automata in the History of Technology'. *Technology and Culture* 5 (1964): 24–42.

Beeckman, Isaac. *Journal tenu par Isaac Beeckman de 1604 à 1634*. Ed. C de Waard. 4 vols. The Hague: M Nijhoff, 1939–53.

Belting, Hans. *Florence and Baghdad: Renaissance Art and Arab Science*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2011.

Benedetti, Giovanni Battista. *Consideratione di Gio. Battista Benedetti, filosofo del Sereniss. S. Duca di Sauoia, intorno al Discorso della grandezza della terra, & dell'acqua, del Excellent. Sig. Antonio Berga, filosofo nella Vniuersità di Torino*. Turin: Bevilacqua, 1579.

———. *Diversarum speculationum mathematicarum et physicarum liber*. Turin: N Bevilacqua, 1585.

Benjamin, Walter. *Illuminations*. Ed. Hannah Arendt. New York: Schocken Books, 1986.

Bennett, James A. *The Divided Circle: A History of Instruments for Astronomy, Navigation and Surveying*. Oxford: Phaidon, 1987.

———. 'The Mechanics' Philosophy and the Mechanical Philosophy'. *History of Science* 24 (1986): 1–28.

Bentley, Michael. *The Life and Thought of Herbert Butterfield*. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

Bentley, Richard. *The Correspondence*. Ed. JH Monk, C Wordsworth and J Wordsworth. London: J Murray, 1842.

———. *The Folly and Unreasonableness of Atheism*. London: H Mortlock, 1692.

———. *Remarks upon a Late Discourse of Free-Thinking: In a Letter to F. H.D.D. By Phileleutherus Lipsiensis*. London: J Morphew, 1713.

Benveniste, Émile. *Problèmes de Linguistique Générale II*. Paris: Gallimard, 1974.

Berga, Antonio. *Discorso di Antonio Berga della grandezza dell'acqua & della terra contra l'opinione dil S. Alessandro Piccolomini*. Turino: Bevilacqua, 1579.

Berga, Antonio and Giovanni Battista Benedetti. *Disputatio de magnitudine terræ et aquæ (contra Alex. Piccolomineum conscripta)*. Trans. FM Vialardi. Turin:

IB Raterius, 1580.
Berkel, Klaas van. *Isaac Beeckman on Matter and Motion: Mechanical Philosophy in the Making*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2013.
Bertamini, Marco and Theodore E Parks. 'On What People Know about Images on Mirrors'. *Cognition* 98 (2005): 85–104.

Bertoloni Meli, Domenico. 'The Collaboration between Anatomists and Mathematicians in the Mid-seventeenth Century'. *Early Science and Medicine* 13 (2008): 665–709.

———. *Equivalence and Priority: Newton versus Leibniz.* Oxford: Oxford University Press, 1993.

———. 'Experimentation in the Physical Sciences of the Seventeenth Century'. In *The Oxford Handbook of the History of Physics.* Ed. JZ Buchwald and R Fox. Oxford: Oxford University Press, 2013: 199–225.

———. *Mechanism, Experiment, Disease: Marcello Malpighi and Seventeenth-century Anatomy.* Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2011.

———. 'The Role of Numerical Tables in Galileo and Mersenne'. *Perspectives on Science* 12 (2004): 164–89.

———. *Thinking with Objects: The Transformation of Mechanics in the Seventeenth Century.* Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2006.

Besse, Jean-Marc. *Les Grandeurs de la terre: Aspects du savoir géographique à la Renaissance*. Lyon: ENS Éditions, 2003.

Beyer, Hartmann. *Qvaestiones novae in libellum de sphaera Joannis de Sacro Bosco*. Paris: G Cauellat, 1551.

Biagioli, Mario. 'Did Galileo Copy the Telescope? A "New" Letter by Paolo Sarpi'. In *The Origins of the Telescope*. Ed. A van Helden, S Dupré, R van Gent and H Zuidervaart. Amsterdam: KNAW Press, 2010: 203–30.

———. 'From Ciphers to Confidentiality: Secrecy, Openness and Priority in Science'. *British Journal for the History of Science* 45 (2012): 213–33.

——— (ed.). *The Science Studies Reader.* New York: Routledge, 1999.

———. 'Scientific Revolution, Social Bricolage and Etiquette'. In *The Scientific Revolution in National Context.* Ed. R Porter and M Teich. Cambridge: Cambridge University Press, 1992: 11–54.

———. 'The Social Status of Italian Mathematicians, 1450–1600'. *History of Science* 27 (1989): 41–95.

Biggs, Noah. *Mataeotechnia medicinae praxeos: The Vanity of the Craft of Physick*. London: E Blackmore, 1651.

Biller, Peter. *The Measure of Multitude: Population in Medieval Thought.* Oxford: Oxford University Press, 2000.

de Bils, Lodewijk. *The Coppy of a Certain Large Act . . . Touching the Skill of a Better Way of Anatomy of Mans Body.* London: [s.n.], 1659.

Biro, Jacqueline. *On Earth as in Heaven: Cosmography and the Shape of the Earth from Copernicus to Descartes*. Saarbrücken: VDM Verlag Dr Müller, 2009.

Blackwell, Richard J. *Behind the Scenes at Galileo's Trial*. Indiana: University of Notre Dame Press, 2006.

Blair, Ann. *Annotations in a copy of Jean Bodin, 'Universae naturae theatrum'. Frankfurt: Wechel, 1597.* 1990. http://history.fas.harvard.edu/files/history/

files/blair–theaterofnature.pdf.
———. 'Annotating and Indexing Natural Philosophy'. In *Books and the Sciences in History.* Ed. M Frasca-Spada and N Jardine. Cambridge: Cambridge University Press, 2000: 69–89.
Blake, Ralph M, Curt J Ducasse and Edward H Madden. *Theories of Scientific Method: The Renaissance through the Nineteenth Century.* Seattle: University of Washington Press, 1960.
Bloor, David. 'Anti-Latour'. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 30 (1999): 81–112.
———. *Knowledge and Social Imagery.* 2nd edn. London: Routledge & Kegan Paul, 1991.
———. *Wittgenstein: A Social Theory of Knowledge.* London: Macmillan, 1983.
———. 'Wittgenstein and Mannheim on the Sociology of Mathematics'. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 4 (1973): 173–91.
Blundeville, Thomas. *A Briefe Description of Universal Mappes and Cardes, and of Their Use: And Also the Use of Ptholemey His Tables.* London: T Cadman, 1589.
Boas, Marie. 'The Establishment of the Mechanical Philosophy'. *Osiris* 10 (1952): 412–541.
Boas Hall, Marie. *Nature and Nature's Laws: Documents of the Scientific Revolution.* London: Macmillan, 1970.
———. *Promoting Experimental Learning: Experiment and the Royal Society 1660–1727.* Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
Bodin, Jean. *Le Théatre de la nature universelle.* Trans. F de Fougerolles. Lyons: J Pillehotte, 1597.
———. *Universæ naturæ theatrum in quo rerum omnium effectrices causæ & fines quinque libris discutiuntur.* Lyons: I Roussin, 1596.
Bodnár, István. 'Aristotle's Natural Philosophy'. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy.* 2012. http://plato.stanford.edu/archives/spr2012/entries/aristotle–natphil/ (accessed 14 December 2014).
Boffito, Giuseppe. *Intorno alla 'Quaestio de aqua et terra' attribuita a Dante.* Turin: C Clausen, 1902.
Bogen, James and James Woodward. 'Saving the Phenomena'. *Philosophical Review* 97 (1988): 303–52.
Boghossian, Paul Artin. *Fear of Knowledge: Against Relativism and Constructivism.* Oxford: Clarendon Press, 2006.
Bonnell, Victoria E and Lynn Hunt. 'Introduction'. In *Beyond the Cultural Turn: New Directions in the Study of Society and Culture.* Ed. VE Bonnell and L

Hunt. Berkeley: University of California Press, 1999: 1–32.
Boodt, Anselm Boèce de. *Gemmarum et lapidum historia*. Hanover: C Marnius, 1609.
Borel, Pierre. *A New Treatise Proving a Multiplicity of Worlds*. Trans. D Sashott. London: J Streater, 1658.

Borges, Jorge Luis. *Other Inquisitions, 1937–1952*. Austin: University of Texas Press, 1964.
———. *The Total Library: Non-Fiction 1922–1986*. Ed. E Weinberger. Trans. E Allen and SJ Levine. London: Penguin, 2001.
Borough, William. *A Discours of the Variation of the Cumpas, or Magneticall Needle*. R Ballard: London, 1581.
Boschiero, Luciano. 'Translation, Experimentation and the Spring of the Air: Richard Waller's "Essayes of Natural Experiments"'. *Notes and Records of the Royal Society* (2009)
Bossuet, Jacques. *Quakerism A-la-Mode, Or A History of Quietism, Particularly That of the Lord Arch-Bishop of Cambray and Madam Guyone*. London: J Harris, 1698.
Bossy, John. *Giordano Bruno and the Embassy Affair*. New Haven: Yale University Press, 1991.
———. *Under the Molehill: An Elizabethan Spy Story*. New Haven: Yale University Press, 2001.
Bostridge, Ian. *Witchcraft and Its Transformations, c.1650–c.1750*. Oxford: Clarendon Press, 1997.
Botero, Giovanni. *On the Causes of the Greatness and Magnificence of Cities, 1588*. Trans. G Symcox. Toronto: University of Toronto Press, 2012.
Bourdieu, Pierre. *Science of Science and Reflexivity*. Trans. R Nice. Chicago: University of Chicago Press, 2004.
Bourne, William. *A Regiment for the Sea*. London: T Hacket, 1574.
Boyer, Carl B. 'Aristotelian References to the Law of Reflection'. *Isis* 36 (1946): 92–5.
———. 'Early Estimates of the Velocity of Light'. *Isis* 33 (1941): 24–40.
———. *The Rainbow from Myth to Mathematics*. New York: T Yoseloff, 1959.
Boyle, Robert. *Certain Physiological Essays and Other Tracts*. London: H Herringman, 1669.
———. *Certain Physiological Essays Written at Distant Times, and on Several Occasions*. London: H Herringman, 1661.
———. *The Christian Virtuoso Shewing, that by being Addicted to Experimental Philosophy, a Man is Rather Assisted, than Indisposed, to be a Good Christian*. London: J Taylor, 1690.
———. *A Continuation of New Experiments Physico-mechanical*. Oxford: R Davis, 1682.
———. *The Correspondence of Robert Boyle, 1636–1691*. Ed. MCW Hunter, A Clericuzio and L Principe. 6 vols. London: Pickering & Chatto, 2001.

———. *A Defence of the Doctrine Touching the Spring and Weight of the Air.* London: FG, 1662.

———. *Experimenta et observationes physicæ: Wherein are Briefly Treated of Several Subjects Relating to Natural Philosophy in an Experimental Way.* Lon-

don: J Taylor, 1691.

———. *Experimentorum novorum physico-mechanicorum continuatio secunda*. Geneva: S de Tournes, 1680.

———. *Experiments and Considerations Touching Colours*. London: H Herringman, 1664.

———. *A Free Enquiry into the Vulgarly Receiv'd Notion of Nature*. London: J Taylor, 1686.

———. *Hydrostatical Paradoxes*. Oxford: R Davis, 1666.

———. *New Experiments Physico-Mechanical, Touching the Spring of the Air*. Oxford: H. Hall, 1660.

———. *Nouveau traité*. Lyons: J Certe, 1689.

———. *Occasional Reflections upon Several Subjects*. London: H Herringman, 1665.

———. *The Origine of Formes and Qualities*. Oxford: R Davis, 1666.

———. *Some Considerations Touching the Usefulnesse of Experimental Naturall Philosophy*. Oxford: R Davis, 1663.

———. 'Tryals Proposed by Mr Boyle to Dr Lower, to be Made by Him, for the Improvement of Transfusing Blood out of One Live Animal into Another'. *Philosophical Transactions* 1 (1667): 385–8.

———. *The Works of Robert Boyle*. Ed. M Hunter and EB Davis. 14 vols. London: Pickering & Chatto, 1999–2000.

Brading, Katherine. 'The Development of the Concept of Hypothesis from Copernicus to Boyle and Newton'. *Revista de Filozofie KRISIS* 8 (1999): 5–16.

Brahe, Tycho. *Sur des phénomènes plus récents du monde éthéré, livre second*. Trans. J Peyroux. Paris: A Blanchard, 1984.

Brannigan, Augustine. *The Social Basis of Scientific Discoveries*. Cambridge: Cambridge University Press, 1981.

Broman, Thomas. 'The Habermasian Public Sphere and "Science *in* the Enlightenment"'. *History of Science* 36 (1998): 123–50.

Brook, Timothy. *Vermeer's Hat: The Seventeenth Century and the Dawn of the Global World*. London: Profile, 2008.

Brotton, Jerry. *A History of the World in Twelve Maps*. London: Allen Lane, 2012.

Broughton, Peter. 'The First Predicted Return of Comet Halley'. *Journal for the History of Astronomy* 16 (1985): 123–32.

Brown, Alison. *The Return of Lucretius to Renaissance Florence*. Cambridge,

Mass.: Harvard University Press, 2010.
Brown, Gary I. 'The Evolution of the Term "Mixed Mathematics"'. *Journal of the History of Ideas* 52 (1991): 81–102.
Brown, James Robert. *Who Rules in Science? An Opinionated Guide to the Wars.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2001.
Brown, Lloyd A. *Jean Domenique Cassini and His World Map of 1696*. Ann

Arbor: University of Michigan Press, 1941.

Brown, Piers. '*Hac ex consilio meo via progredieris*: Courtly Reading and Secretarial Mediation in Donne's "The Courtier's Library"'. *Renaissance Quarterly* 61 (2008): 833–66.

Browne, Thomas. *Pseudodoxia epidemica, or Enquiries into Very Many Received Tenents, and Commonly Presumed Truths.* London: E Dod, 1646.

———. *Pseudodoxia epidemica: Or, Enquiries into Very Many Received Tenents and Commonly Presumed Truths.* London: N Ekins, 1672.

Brummelen, Glen van. *The Mathematics of the Heavens and the Earth: The Early History of Trigonometry.* Princeton: Princeton University Press, 2009.

Bruno, Giordano. *The Ash Wednesday Supper = La Cena de le Ceneri.* Ed. EA Gosselin and LS Lerner. Toronto: University of Toronto Press, 1995.

De Bruyn, Frans. 'The Classical Silva and the Generic Development of Scientific Writing in Seventeenth-century England'. *New Literary History* 32 (2001): 347–73.

Bucciantini, Massimo, Michele Camerota and Franco Giudice. *Galileo's Telescope: A European Story.* Cambridge Mass.: Harvard University Press, 2015.

Buchwald, Jed Z. 'Descartes' Experimental Journey Past the Prism and through the Invisible World to the Rainbow'. *Annals of Science* 65 (2008): 1–46.

Buchwald, Jed Z and Mordechai Feingold. *Newton and the Origin of Civilization.* Princeton: Princeton University Press, 2013.

Buringh, Eltjo and Jan Luiten van Zanden. 'Charting the "Rise of the West": Manuscripts and Printed Books in Europe, a Long-term Perspective from the Sixth through Eighteenth Centuries'. *Journal of Economic History* 69 (2009): 409–45.

Burkert, Walter. *Lore and Science in Ancient Pythagoreanism.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1972.

Burns, William E. *An Age of Wonders: Prodigies, Politics and Providence in England, 1657–1727.* Manchester: Manchester University Press, 2002.

———. '"Our Lot is Fallen into an Age of Wonders': John Spencer and the Controversy Over Prodigies in the Early Restoration'. *Albion* 27 (1995): 237–52.

Burtt, Edwin A. *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science: A Historical and Critical Essay.* London: Routledge, 1924.

Bury, John Bagnell. *The Idea of Progress: An Inquiry into Its Origin and Growth.* London: Macmillan, 1920.

Butterfield, Herbert. *The Origins of Modern Science, 1300–1800.* London: Bell, 1950.

———. *The Whig Interpretation of History.* London: Bell, 1931.

Byrne, James Steven. 'A Humanist History of Mathematics? Regiomontanus's

Padua Oration in Context'. *Journal of the History of Ideas* 67 (2006): 41–61.
Calcagnini, Celio. *Opera aliquot*. Basle: H Frobenius, 1544.
Callon, Michel. '*Boïtes noires et opérations de traduction*'. *Économie et humanisme* 262 (1981): 53–9.
Camerota, Filippo. *La prospettiva del Rinascimento: arte, architettura, scienza.*

Milano: Electa, 2006.
Camerota, Michele. '*Galileo, Lucrezio e l'atomismo*'. In *Lucrezio, la natura, la scienza*. Ed. F Beretta and F Citti. Florence: LS Olschki, 2008: 141–75.
Campbell, Mary Baine. 'Speedy Messengers: Fiction, Cryptography, Space Travel and Francis Godwin's "The Man in the Moone"'. *Yearbook of English Studies* 41 (2011): 190–204.
———. *Wonder and Science: Imagining Worlds in Early Modern Europe*. Ithaca: Cornell University Press, 1999.
Caraci Luzzana, Ilaria. *Amerigo Vespucci*. Nuova Raccolta Colombiana. Rome: Istituto poligrafico e Zecca dello Stato, 1999.
Cardano, Gerolamo. *De subtilitate libri XXI*. Basle: L Lucius, 1554.
Carpenter, Audrey T. *John Theophilus Desaguliers*. London: Continuum, 2011.
Carpenter, Nathanael. *Geographie Delineated Forth in Two Bookes, Containing the Spherical and Topicall Parts Thereof*. Oxford: J Lichfield, 1635.
———. *Philosophia libera, triplici exercitationum decade proposita: In qua, adversus huius temporis philosophos, dogmata quædam nova discutiuntur.* Oxford: J Lichfield, 1622.
Carpo, Mario. *Architecture in the Age of Printing*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 2001.
Carroll, Patrick. *Science, Culture and Modern State Formation*. Berkeley: University of California Press, 2006.
Cassin, Barbara, Steven Rendall and Emily S Apter (eds.). *Dictionary of Untranslatables: A Philosophical Lexicon*. Princeton: Princeton University Press, 2014.
De Caus, Salomon. *Les Raisons des forces mouvantes*. Frankfurt: J Norton, 1615.
Cavendish, Margaret. *The Description of a New World, Called the Blazing-World*. London: A Maxwell, 1666.
Céard, Jean. *La Nature et les prodiges: L'Insolite au XVIe siècle*. Geneva: Droz, 1996.
Cesari, Anna Maria. *Il trattato della sfera di Andalò di Negro nelle Zibaldone del Boccaccio*. Milan: AM Cesari, 1982.
Cesi, Bernardo. *Mineralogia, sive, Naturalis philosophiæ thesauri*. Louvain: J & P Prost, 1636.
Chalmers, Alan. 'Intermediate Causes and Explanations: The Key to Understanding the Scientific Revolution'. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 43 (2012): 551–62.
———. 'Klein on the Origin of the Concept of Chemical Compound'. *Foundations of Chemistry* 14 (2012): 37–53.
———. 'The Lack of Excellency of Boyle's Mechanical Philosophy'. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 24 (1993): 541–64.

History and Philosophy of Science Part A 24 (1993): 341–64.
———. 'Qualitative Novelty in Seventeenth-century Science: Hydrostatics from Stevin to Pascal'. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 51 (2015): 1–10.
———. *The Scientist's Atom and the Philosopher's Stone How Science Succeeded*

and Philosophy Failed to Gain Knowledge of Atoms. Dordrecht: Springer, 2009.
———. 'Understanding Science through Its History: A Response to Newman'. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 42 (2011): 150–3.

Chang, Hasok. *Inventing Temperature: Measurement and Scientific Progress*. Oxford: Oxford University Press, 2004.

———. *Is Water H2O?: Evidence, Pluralism and Realism*. Dordrecht: Springer, 2012.

Chapman, Allan. 'Tycho Brahe in China: The Jesuit Mission to Peking and the Iconography of European Instrument-making Processes'. *Annals of Science* 41 (1984): 417–43.

———. 'A World in the Moon – Wilkins and His Lunar Voyage of 1640'. *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society* 32 (1991): 121.

Charleton, Walter. *The Darknes of Atheism Dispelled by the Light of Nature. A Physico-Theologicall Treatise*. London: W Lee, 1652.

———. *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charletoniana, or A Fabrick of Science Natural upon the Hypothesis of Atoms*. London: T Heath, 1654.

Chartier, Roger. *The Cultural Origins of the French Revolution*. Durham, NC: Duke University Press, 1991.

Châtelet, Émilie du. *Selected Philosophical and Scientific Writings*. Ed. JP Zinsser. Chicago: University of Chicago Press, 2009.

Chesne, Joseph du. *The Practise of Chymicall, and Hermeticall Physicke*. Trans. T Timme. London: T Creede, 1605.

Child, William. *Wittgenstein*. London: Routledge, 2011.

Christianson, John Robert. *On Tycho's Island: Tycho Brahe, Science and Culture in the Sixteenth Century*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

Christie, Thony. 'Nobody Invented the Scientific Method'. 29 August 2012. http://thonyc.wordpress.com/2012/08/29/nobody-invented-the-scientific-method/ (accessed 10 December 2014).

Cicero, Marcus Tullius. *De natura deorum: Academica*. Ed. H Rackham. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1933.

Cieslak-Golonka, Maria and Bruno Morten. 'The Women Scientists of Bologna'. *American Scientist* 88 (2000): 68–73.

Ciliberto, Michele and Nicholas Mann (eds.). *Giordano Bruno, 1583–1585: The English Experience*. Florence: LS Olschki, 1997.

Cipolla, Carlo M. *Clocks and Culture, 1300–1700*. London: Collins, 1967.

———. *European Culture and Overseas Expansion*. Harmondsworth: Penguin, 1970.

Clagett, Marshall. 'The Impact of Archimedes on Medieval Science'. *Isis* 50 (1959):

Clagett, Marshall. 'The Impact of Archimedes on Medieval Science'. *Isis* 50 (1959): 419–29.

———. *The Science of Mechanics in the Middle Ages*. Madison: University of Wisconsin Press, 1959.

Clark, Kathleen M and Clemency Montelle. 'Priority, Parallel Discovery, and

Pre-eminence: Napier, Bürgi and the Early History of the Logarithm Relation'. *Revue d'histoire des mathématiques* 18 (2012): 223–70.

Clark, Stuart. *Thinking with Demons: The Idea of Witchcraft in Early Modern Europe*. Oxford: Clarendon Press, 1997.

Clarke, Desmond M. *Descartes: A Biography*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

———. *Descartes' Philosophy of Science*. Manchester: Manchester University Press, 1982.

———. *Occult Powers and Hypotheses: Cartesian Natural Philosophy under Louis XIV*. Oxford: Clarendon Press, 1989.

Clavius, Christoph. *In sphaeram Ioannis de Sacro Bosco commentarius, nunc tertio ab ipso auctore recognitus*. Rome: D Basa, 1585.

———. *Opera mathematica*. 5 vols. Mainz: Hierat, 1611–12.

Clubb, Louise George. *Giambattista della Porta, Dramatist*. Princeton: Princeton University Press, 1965.

Clutton-Brock, Martin. 'Copernicus's Path to His Cosmology: An Attempted Reconstruction'. *Journal for the History of Astronomy* 36 (2005): 197–216.

Cobb, Matthew. *Generation: The Seventeenth-century Scientists who Unravelled the Secrets of Sex, Life and Growth*. New York: Bloomsbury, 2006.

Cobban, Alfred. *The Social Interpretation of the French Revolution*. Cambridge: Cambridge University Press, 1964.

Cohen, H Floris. *How Modern Science Came into the World: Four Civilizations, One 17th-century Breakthrough*. Amsterdam: Amsterdam University Press, 2010.

———. 'Inside Newcomen's Fire Engine: The Scientific Revolution and the Rise of the Modern World'. *History of Technology* 25 (2004): 111–32.

———. *The Scientific Revolution: A Historiographical Inquiry*. Chicago: University of Chicago Press, 1994.

Cohen, I Bernard. *The Birth of a New Physics*. New York: Norton, 1987.

———. 'The Eighteenth-century Origins of the Concept of Scientific Revolution'. *Journal of the History of Ideas* 37 (1976): 257–88.

———. 'The First English Version of Newton's *Hypotheses non fingo*'. *Isis* 53 (1962): 379–88.

———. 'Hypotheses in Newton's Philosophy'. *Physis* 8 (1966): 163–83.

———. '*Quantum in se est*: Newton's Concept of Inertia in Relation to Descartes and Lucretius'. *Notes and Records of the Royal Society of London* 19 (1964): 131–55.

———. 'Roemer and the First Determination of the Velocity of Light (1676)'. *Isis* 31 (1940): 327–79.

Collingwood, Robin George. *An Autobiography*. London: Oxford University

Collingwood, Robin George. *An Autobiography.* London: Oxford University Press, 1939.
———. *The Idea of Nature.* Oxford: Clarendon Press, 1945.
Collins, Harry M. *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice.* London: Sage, 1985.

———. 'Introduction: Stages in the Empirical Programme of Relativism'. *Social Studies of Science* 11 (1981): 3–10.
———. 'Son of Seven Sexes: The Social Destruction of a Physical Phenomenon'. *Social Studies of Science* 11 (1981): 33–62.
———. 'Tacit Knowledge, Trust and the Q of Sapphire'. *Social Studies of Science* 31 (2001): 71–85.
———. 'The TEA Set: Tacit Knowledge and Scientific Networks'. *Social Studies of Science* 4 (1974): 165–85.
Collinson, Patrick. 'The Monarchical Republic of Queen Elizabeth I'. *Bulletin of the John Rylands University Library of Manchester* 69 (1987): 394–424.
Colón, Fernando. *The Life of the Admiral Christopher Columbus*. Ed. B Keen. New Brunswick: Rutgers University Press, 1992.
Columbus, Christopher. *The Four Voyages*. Trans. JM Cohen. Harmondsworth: Penguin, 1969.
———. *The Journal of Christopher Columbus (During His First Voyage, 1492–93)*. Ed. CR Markham. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
Conant, James. 'On Wittgenstein's Philosophy of Mathematics'. *Proceedings of the Aristotelian Society* 97 (1997): 195–222.
Conant, James Bryant. *Robert Boyle's Experiments in Pneumatics*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1950.
Condorcet, Marquis de. *Outlines of an Historical View of the Progress of the Human Mind . . . Translated from the French*. London: J Johnson, 1795.
Considine, John. *Dictionaries in Early Modern Europe: Lexicography and the Making of Heritage*. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.
Constantini, Angelo. *La Vie de Scaramouche*. Paris: C Barbin, 1695.
Cook, MG. 'Divine Artifice and Natural Mechanism: Robert Boyle's Mechanical Philosophy of Nature'. *Osiris* 16 (2001): 133–50.
Cooper, Alix. *Inventing the Indigenous: Local Knowledge and Natural History in Early Modern Europe*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
Copenhaver, Brian P. 'The Historiography of Discovery in the Renaissance: The Sources and Composition of Polydore Vergil's *De inventoribus rerum*, I–III'. *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes* 41 (1978): 192–214.
Copernicus, Nicolaus. *De revolutionibus orbium coelestium*. Nuremberg: J Petreius, 1543.
———. *On the Revolutions*. Ed. J Dobrzycki. Trans. E Rosen. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1978.
Cosgrove, Denis E. 'Images of Renaissance Cosmography'. In *The History of Cartography*. 6 vols. Vol. 3: *Cartography in the European Renaissance*. Ed. D

Woodward. Chicago: University of Chicago Press, 2007: 55–98.

Costabel, Pierre. '*Sur l'origine de la science classique*'. *Revue philosophique de la France et de l'étranger* 137 (1947): 208–21.

Cowell, John. *The Interpreter, or Booke Containing the Signification of Words.*

Cambridge: J Legate, 1607.

Crafts, N. 'Explaining the First Industrial Revolution: Two Views'. *European Review of Economic History* 15 (2011): 153–68.

Cranz, F Edward. *Reorientations of Western Thought from Antiquity to the Renaissance*. Ed. NS Struever. Aldershot: Ashgate, 2006.

Crease, Robert P. *World in the Balance: The Historic Quest for an Absolute System of Measurement*. New York: WW Norton, 2011.

Cressy, David. 'Early Modern Space Travel and the English Man in the Moon'. *The American Historical Review* 111 (2006): 961–82.

Croft, Herbert. *Some Animadversions upon a Book Intituled, the Theory of the Earth*. London: C Harper, 1685.

Croll, Oswald, Georg Eberhard Hartmann and Johann Hartmann. *Bazilica Chymica, & Praxis Chymiatricae, or Royal and Practical Chymistry in Three Treatises*. London: J Starkey, 1670.

Crombie, Alistair Cameron. 'Grosseteste's Position in the History of Science'. In *Robert Grosseteste, Scholar and Bishop*. Ed. DA Callus. Oxford: Clarendon Press, 1955: 98–120.

———. 'Philosophical Presuppositions and Shifting Interpretations of Galileo'. In *Theory Change, Ancient Axiomatics and Galileo's Methodology*. Ed. J Hintikka, D Gruender and E Agazzi. Dordrecht: Reidel, 1980: 271–86.

———. *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science, 1100–1700*. Oxford: Oxford University Press, 1953.

———. *Scientific Change*. New York: Basic Books, 1963.

———. *Styles of Scientific Thinking in the European Tradition*. 3 vols. London: Duckworth, 1994.

Culverwell, Nathaniel. *An Elegant and Learned Discourse of the Light of Nature: With Other Treatises*. London: J Rothwell, 1652.

Cunningham, Andrew. *The Anatomical Renaissance: The Resurrection of the Anatomical Projects of the Ancients*. Aldershot: Ashgate, 1997.

———. 'Getting the Game Right: Some Plain Words on the Identity and Invention of Science'. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 19 (1988): 365–89.

———. 'How the *Principia* Got Its Name, or Taking Natural Philosophy Seriously'. *History of Science* 29 (1991): 377–92.

———. 'The Identity of Natural Philosophy: A Response to Edward Grant'. *Early Science and Medicine* 5 (2000): 259–78.

Cunningham, Andrew and Perry Williams. 'De-centring the "Big Picture": "The Origins of Modern Science" and the Modern Origins of Science'. *British Jour-*

nal for the History of Science 26 (1993): 407–32.
Cuomo, Serafina. 'Shooting by the Book: Notes on Niccolò Tartaglia's *Nova scientia*'. *History of Science* 35 (1997): 155–88.
Cyrano de Bergerac, Hercule-Savinien de. *The Comical History of the States and*

Empires of the Worlds of the Moon and Sun. London: H Rhodes, 1687.
———. *Les États et empires de la lune et du soleil, avec le fragment de physique.* Ed. M Alcover. Paris: H Champion, 2004.
Dalché, Patrick Gautier. 'The Reception of Ptolemy's Geography'. In *The History of Cartography.* 6 vols. Vol. 3: *Cartography in the European Renaissance.* Ed. D Woodward. Chicago: University of Chicago Press, 2007: 285–364.
Daneau, Lambert. *Physique françoise, comprenant ... le discours des choses naturelles, tant célestes que terrestres, selon que les philosophes les ont descrites.* Geneva: E Vignon, 1581.
Darmon, Jean-Charles. *Le Songe libertin: Cyrano de Bergerac d'un monde à l'autre.* Paris: Klincksieck, 2004.
Dary, Michael. *The General Doctrine of Equation Reduced into Brief Precepts: In III Chapters. Derived from the Works of the Best Modern Analysts.* London: N Brook, 1664.
Daston, Lorraine J. 'Baconian Facts, Academic Civility and the Prehistory of Objectivity'. In *Rethinking Objectivity.* Ed. A Megill. Durham, NC: Duke University Press, 1994: 37–63.
———. *Classical Probability in the Enlightenment.* Princeton: Princeton University Press, 1988.
———. 'The Cold Light of Facts and the Facts of Cold Light: Luminescence and the Transformation of the Scientific Fact, 1600–1750'. In *Signs of the Early Modern II.* Ed. DL Rubin. Charlottesville, VA: Rookwood Press, 1997: 17–45.
———. 'Curiosity in Early Modern Science'. *Word and Image* 11 (1995): 391–404.
———. 'The Factual Sensibility'. *Isis* 79 (1988): 452–67.
———. 'Historical Epistemology'. In *Questions of Evidence: Proof, Practice and Persuasion across the Disciplines.* Ed. J Chandler, AI Davidson and H Harootunian. Chicago: University of Chicago Press, 1994: 282–9.
———. 'The History of Emergences: The Emergence of Probability'. *Isis* 98: 801–8 (2007).
———. 'History of Science in an Elegiac Mode: E. A. Burtt's *Metaphysical Foundations of Modern Physical Science Revisited*'. *Isis* 82 (1991): 522–31.
———. 'The Ideal and Reality of the Republic of Letters in the Enlightenment'. *Science in Context* 4 (1991): 367–86.
———. 'The Language of Strange Facts in Early Modern Science'. In *Inscribing Science: Scientific Texts and the Materiality of Communication.* Ed. T Lenoir. Stanford: Stanford University Press, 1997: 20–38.

———. ‘Marvelous Facts and Miraculous Evidence in Early-Modern Europe’. *Critical Inquiry* 18 (1991): 93–124.
———. ‘*Perché i fatti sono brevi?*’ *Quaderni storici* 36 (2001): 745–70.
———. ‘Science Studies and the History of Science’. *Critical Inquiry* 35 (2009): 798–813.

———. ‘Strange Facts, Plain Facts and the Texture of Scientific Experience in the Enlightenment’. In *Proof and Persuasion: Essays on Authority, Objectivity and Evidence*. Ed. S Marchand and E Lunbeck. Turnhout: Brepols, 1996: 42–59.

Daston, Lorraine J and Peter Galison (eds.). *Objectivity.* New York: Zone Books, 2007.

Daston, Lorraine J and Elizabeth Lunbeck (eds.). *Histories of Scientific Observation.* Chicago: University of Chicago Press, 2011.

Daston, Lorraine J and Katharine Park. *Wonders and the Order of Nature, 1150–1750*. New York: Zone Books, 1998.

David, Paul A. ‘Clio and the Economics of QWERTY’. *American Economic Review* 75 (1985): 332–7.

Davies, Richard. *Memoirs of the Life and Character of Dr Nicholas Saunderson: Late Lucasian Professor of the Mathematics in the University of Cambridge.* Cambridge: Cambridge University Press, 1741.

Dear, Peter. *Discipline and Experience: The Mathematical Way in the Scientific Revolution.* Chicago: University of Chicago Press, 1995.

———. ‘The Meanings of Experience’. In *The Cambridge History of Science*. Vol. 3: *Early Modern Science*. Ed. K Park and LJ Daston. Cambridge: Cambridge University Press, 2006: 106–31.

———. ‘Religion, Science and Natural Philosophy: Thoughts on Cunningham’s Thesis’. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 32 (2001): 377–86.

———. *Revolutionizing the Sciences: European Knowledge and Its Ambitions, 1500–1700*. Princeton: Princeton University Press, 2001.

———. ‘*Totius in verba*: Rhetoric and Authority in the Early Royal Society’. *Isis* 76 (1985): 144–61.

Dee, John. *General and Rare Memorials Pertayning to the Perfect Arte of Navigation.* London: J Daye, 1577.

Della Porta, Giambattista. *De i miracoli et maravigliosi effetti dalla natura prodotti libri IV*. Venice: L Avanzi, 1560.

———. *De telescopio*. Florence: LS Olschki, 1962.

———. *La Magie naturelle en quatre livres.* Lyons: A Olier, 1678.

———. *Natural Magick in Twenty Books …: Wherein are Set Forth All the Riches and Delights of the Natural Sciences.* London: T Young, 1658.

Denton, Peter H. *The ABC of Armageddon: Bertrand Russell on Science, Religion and the Next War, 1919–1938*. Albany, NY: State University of New York Press, 2001.

Desaguliers, John Theophilus. *A Course of Experimental Philosophy*. 2 vols. Lon-

don: Senex, 1734–44.
Descartes, René. *A Discourse of a Method for the Well Guiding of Reason, and the Discovery of Truth in the Sciences*. London: T Newcombe, 1649.
———. *Excellent Compendium of Musick with Necessary and Judicious Anim-*

adversions Thereupon*. London: T. Harper, 1653.
———. *Oeuvres philosophiques*. Ed. F Alquié. 3 vols. Paris: Garnier, 1963–73.
———. *The Philosophical Writings of Descartes*. Ed. J Cottingham, D Murdoch and R Stoothoff. 2 vols. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
———. *Les Principes de la philosophie*. Paris: T Girard, 1668.
———. *Principia philosophiæ*. Amsterdam: Elzevir, 1644.
Deutscher, Guy. *Through the Language Glass: Why the World Looks Different in Other Languages*. London: William Heinemann, 2010.
Devlin, Keith J. *The Man of Numbers: Fibonacci's Arithmetic Revolution*. New York: Walker, 2011.
Devreese, J T and Guido Vanden Berghe. *'Magic is No Magic' : The Wonderful World of Simon Stevin*. Southampton: WIT, 2008.
Dewey, John. *German Philosophy and Politics*. New York: H Holt, 1915.
Di Bono, Mario. '*L'astronomia Copernicana nell'opera di Giovan Battista Benedetti*'. In *Cultura, scienze e tecniche nella Venezia del Cinquecento: Atti del convegno internazionale di studio Giovan Battista Benedetti e il suo tempo*. Venice: Istituto veneto di scienze, lettere e d'arti, 1987: 288–300.
Dickinson, Henry Winram. *A Short History of the Steam Engine*. London: F Cass, 1963.
———. *Sir Samuel Morland: Diplomat and Inventor, 1625–1695*. Cambridge: Heffer, 1970.
Diderot, Denis. *Les Bijoux indiscrets*. 2 vols. [n.l.]: Au Monomotapa, 1748.
———. *The Indiscreet Jewels*. New York: Marsilio, 1993.
Digby, Kenelm. *A Late Discourse Made in a Solemne Assembly of Nobles and Learned Men at Montpellier in France*. London: R Lownes, 1658.
———. *Two Treatises . . . in Way of Discovery of the Immortality of Reasonable Soules*. Paris: G Blaizot, 1644.
Digges, Leonard and Thomas Digges. *A Prognostication Everlasting*. London: T Marshe, 1576.
Digges, Thomas. *Alae seu scalae mathematicae*. London: T Marsh, 1573.
Dijksterhuis, Eduard Jan. *The Mechanization of the World Picture*. Oxford: Clarendon Press, 1961.
———. *Simon Stevin: Science in the Netherlands around 1600*. The Hague: M Nijhoff, 1970.
Dobbs, Betty Jo Teeter. *The Foundations of Newton's Alchemy*. Cambridge: Cambridge University Press, 1975.
———. 'Newton as Final Cause and First Mover'. In *Rethinking the Scientific Rev-*

olution. Ed. M Osler. Cambridge: Cambridge University Press, 2000: 25–39.
Dodds, E R. *The Ancient Concept of Progress and Other Essays on Greek Literature and Belief*. Oxford: Clarendon Press, 1973.
Donahue, William H. *The Dissolution of the Celestial Spheres*. New York: Arno Press, 1981.

Donne, John. *Devotions upon Emergent Occasions*. London: T Jones, 1624.
———. *The Epithalamions, Anniversaries and Epicedes*. Ed. W Milgate. Oxford: Clarendon Press, 1978.
Drabkin, Israel Edward and Stillman Drake (eds.). *Mechanics in Sixteenth-century Italy*. Madison: University of Wisconsin Press, 1969.
Drake, Stillman. *Cause, Experiment and Science: A Galilean Dialogue Incorporating a New English Translation of Galileo's 'Bodies that Stay Atop Water, or Move in It'*. Chicago: University of Chicago Press, 1981.
Drayton, Michael. *Poly-Olbion*. London: M Lownes, 1612.
Dreyer, John Louis Emil. *History of the Planetary Systems from Thales to Kepler*. Cambridge: Cambridge University Press, 1906.
Dryden, John. *Of Dramatic Poesie: An Essay*. London: H Herringman, 1668.
Ducheyne, Steffen. 'The Status of Theory and Hypotheses'. In *The Oxford Handbook of British Philosophy in the Seventeenth Century*. Ed. PR Anstey. Oxford: Oxford University Press, 2013: 169–91.
Ducoux, François Joseph. *Notice sur Denis Papin, inventeur des machines et des bateaux à vapeur*. Blois: H Morard, 1854.
Duhem, Pierre. '*Un précurseur français de Copernic: Nicole Oresme (1377)*'. *Revue générale des sciences pures et appliquées* 20 (1909): 866–73.
———. '*Le Principe de Pascal: Essai historique*'. *Revue générale des sciences pures et appliquées* 16 (1905): 599–610.
———. *Le Système du monde: Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*. 10 vols. Vol. 9: *La Physique Parisienne au XIVe siècle*. Paris: Hermann, 1958.
———. *Le Système du monde: Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*. 10 vols. Vol. 10: *La Cosmologie du XVe siècle*. Paris: Hermann, 1959.
———. *To Save the Phenomena: An Essay on the Idea of Physical Theory from Plato to Galileo*. Chicago: University of Chicago Press, 1969.
Dunn, Jane. *Read My Heart: Dorothy Osborne and Sir William Temple*. London: Harper, 2008.
Dunn, John. *Modern Revolutions: An Introduction to the Analysis of a Political Phenomenon*. Cambridge: Cambridge University Press, 1972.
Dupleix, Scipion. *La Physique ou science naturelle, divisée en 8 livres*. Paris: Veuve D Salis, 1603.
Eagleton, Catherine. 'Medieval Sundials and Manuscript Sources: The Transmission of Information about the Navicula and the *Organum Ptolomei* in

Fifteenth-century Europe'. In *Transmitting Knowledge: Words, Images and Instruments in Early Modern Europe*. Ed. S Kusukawa and I Maclean. Oxford: Oxford University Press, 2006: 41–71.
Eamon, William. *Science and the Secrets of Nature: Books of Secrets in Medieval and Early Modern Culture*. Princeton: Princeton University Press,

1994.
Eastwood, Bruce S. 'Grosseteste's "Quantitative" Law of Refraction: A Chapter in the History of Non-experimental Science'. *Journal of the History of Ideas* 28 (1967): 403–14.
———. 'Medieval Empiricism: The Case of Grosseteste's Optics'. *Speculum* 43 (1968): 306–21.
———. 'On the Continuity of Western Science from the Middle Ages: A. C. Crombie's Augustine to Galileo'. *Isis* 83 (1992): 84–99.
———. 'Robert Grosseteste's Theory of the Rainbow'. *Archives internationales d'histoire des sciences* 19 (1966): 313–32.
Edgerton, Samuel Y. *The Heritage of Giotto's Geometry: Art and Science on the Eve of the Scientific Revolution*. Ithaca: Cornell University Press, 1991.
———. *The Renaissance Rediscovery of Linear Perspective*. New York: Basic Books, 1975.
Eisenstein, Elizabeth L. *The Printing Press as an Agent of Change*. 2 vols. Cambridge: Cambridge University Press, 1979.
———. *The Printing Revolution in Early Modern Europe*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.
———. 'An Unacknowledged Revolution Revisited'. *The American Historical Review* 107 (2002): 87–105.
Elia, Pasquale M d'. *Galileo in China: Relations through the Roman College between Galileo and the Jesuit Scientist-Missionaries (1610–1640)*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1960.
Elias, A C. *Swift at Moor Park: Problems in Biography and Criticism*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1982.
Elton, Geoffrey Rudolph. 'Herbert Butterfield and the Study of History'. *Historical Journal* 27 (1984): 729–43.
———. 'A High Road to Civil War?' In *Studies in Tudor and Stuart Politics and Government*. 4 vols. Vol. 2: *Parliament and Political Thought*. Cambridge: Cambridge University Press, 1974: 164–82.
Empson, William. *Essays on Renaissance Literature*. Ed. J Haffenden. 2 vols. Vol. 1: *Donne and the New Philosophy*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
Erasmus, Desiderius. *Ye Dyaloge Called Funus*. London: R Copland, 1534.
Ernouf, Alfred-Auguste. *Denis Papin: Sa vie et son oeuvre (1647–1714)*. Paris: Hachette, 1883.
Estienne, Henri. *The Frankfurt Book Fair*. Ed. JW Thompson. Chicago: Caxton Club, 1911.

Evelyn, John. *The Diary.* Ed. ES de Beer. 6 vols. Vol. 1. Oxford: Clarendon Press, 1955.
Farr, James. 'The Way of Hypotheses: Locke on Method'. *Journal of the History of Ideas* (1987) 51–72.
Fattori, Marta. '*La diffusione di Francis Bacon nel libertinismo francese*'. *Rivista di storia della filosofia* 2 (2002): 225–42.

Favaro, Antonio. '*Libreria di Galileo Galilei*'. *Bullettino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche* 19 (1886): 219–93.

Febvre, Lucien. '*De l'à peu près à la précision en passant par ouï-dire*'. *Annales. Économies, Sociétés, Civilisations* 5 (1950): 25–31.

———. *The Problem of Unbelief in the Sixteenth Century: The Religion of Rabelais*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1982.

———. *Le Problème de l'incroyance au XVIe siècle: La Religion de Rabelais*. Paris: A Michel, 1942.

Feingold, Mordechai. 'Giordano Bruno in England, Revisited'. *Huntington Library Quarterly* 67 (2004): 329–46.

———. *Jesuit Science and the Republic of Letters*. Cambridge Mass.: MIT Press, 2002.

———. *The Newtonian Moment: Isaac Newton and the Making of Modern Culture*. New York: Oxford University Press, 2004.

———. 'When Facts Matter'. *Isis* 87 (1996): 131–9.

Fernel, Jean. *On the Hidden Causes of Things: Forms, Souls and Occult Diseases in Renaissance Medicine*. Ed. J Henry and JM Forrester. Leiden: Brill, 2005.

———. *Therapeutice, seu medendi ratio*. Venice: P Bosellus, 1555.

Ferrand, Jacques. *Erotomania, or A Treatise Discoursing of the Essence, Causes, Symptomes, Prognosticks and Cure of Love or Erotic Melancholy*. Oxford: Printed for Edward Forrest, 1645.

Feyerabend, Paul K. 'Against Method'. In *Analyses of Theories and Methods of Physics and Psychology*. Ed. M Radner and S Winokur. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1970: 17–130.

———. *Against Method*. New York: Schocken, 1975.

———. 'Classical Empiricism'. In *The Methodological Heritage of Newton*. Ed. RE Butts and JW Davis. Oxford: Blackwell, 1970: 150–70.

———. *Farewell to Reason*. London: Verso, 1987.

———. *Science in a Free Society*. London: NLB, 1978.

Field, Judith Veronica. *The Invention of Infinity: Mathematics and Art in the Renaissance*. Oxford: Oxford University Press, 1997.

Figuier, Louis. *Exposition et histoire des principales découvertes scientifiques modernes*. 3 vols. Vol. 3. Paris: Langlois & Leclerq, 1851–2.

Filarete, Antonio Averlino detto il. *Trattato di architettura*. Milan: Il Polifilo, 1972.

Findlen, Paula. 'A Forgotten Newtonian: Women and Science in the Italian Provinces'. In *The Sciences in Enlightened Europe*. Ed. W Clark, J Golinski and S Schaffer. Chicago: University of Chicago Press, 1999: 313–49.

———. 'Natural History.' In *The Cambridge History of Science*. Vol. 3. Ed. K Park and L Daston. Cambridge: Cambridge University Press, 2008: 435–68.
Finlay, R. 'China, the West and World History in Joseph Needham's *Science and Civilisation in China*'. *Journal of World History* 11 (2000): 265–303.
Finley, Moses I. 'Aristotle and Economic Analysis'. *Past and Present* 47 (1970): 3–25.

Finn, Bernard S. 'Laplace and the Speed of Sound'. *Isis* 55 (1964): 7–19.

Finocchiaro, Maurice A. *The Galileo Affair: A Documentary History.* Berkeley: University of California, 1989.

———. *Retrying Galileo, 1633–1992*. Berkeley: University of California Press, 2007.

Fish, Stanley. 'Professor Sokal's Bad Joke'. Op-ed. *The New York Times*, 1996.

Fleck, Ludwik. *Genesis and Development of a Scientific Fact.* Ed. TJ Trenn and RK Merton. Chicago: University of Chicago Press, 1979.

Fleming, Donald. 'Latent Heat and the Invention of the Watt Engine'. *Isis* 43 (1952): 3–5.

Fleming, Fergus. *Barrow's Boys.* London: Granta Books, 1998.

Fleming, James Dougal (ed.). *The Invention of Discovery, 1500–1700.* Burlington, VT: Ashgate, 2011.

Fletcher, John Edward and Elizabeth Fletcher. *A Study of the Life and Works of Athanasius Kircher.* Leiden: Brill, 2011.

Fontenelle, Bernard le Bovier de. *Entretiens sur la pluralité des mondes. Digression sur les anciens et les modernes.* Ed. R Shackleton. Oxford: Clarendon Press, 1955.

Foucault, Michel. *L'archéologie du savoir.* Paris: Gallimard, 1969.

———. *Dits et écrits.* Ed. D Defert, F Ewald and J Lagrange. 2 vols. Paris: Gallimard, 2001.

Fowles, Grant R. *Introduction to Modern Optics.* New York: Dover Publications, 1989.

Fox, Robert (ed.). *Thomas Harriot: An Elizabethan Man of Science.* Aldershot: Ashgate, 2000.

Fraassen, Bas C van. *The Scientific Image.* Oxford: Clarendon Press, 1980.

Franklin, James. *The Science of Conjecture: Evidence and Probability before Pascal.* Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2001.

Freedberg, David. 'Art, Science and the Case of the Urban Bee'. In *Picturing Science, Producing Art.* Ed. CA Jones, P Galison and AE Slaton. New York: Routledge, 1998: 272–96.

Frisch, Andrea. *The Invention of the Eyewitness: Witnessing and Testimony in Early Modern France.* Chapel Hill: University of North Carolina Press, 2004.

Froidmont, Libert. *Meteorologicorum libri sex*. Antwerp: Moretus, 1627.

Funkenstein, Amos. *Theology and the Scientific Imagination from the Middle Ages to the Seventeenth Century.* Princeton: Princeton University Press, 1986.

Galilei, Galileo. *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems, Ptolemaic and Copernican.* Trans. S Drake. Berkeley: University of California Press, 1967.

———. *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuoue scienze attenenti alla mecanica e i mouimenti locali*. Leiden: Elsevier, 1638.
———. *The Essential Galileo*. Ed. MA Finocchiaro. Indianapolis: Hackett, 2008.
———. *Le opere di Galileo Galilei. Edizione Nazionale*. Ed. A Favaro. 20 vols. Florence: Barberà, 1890–1909.

Galilei, Galileo and Christoph Scheiner. *On Sunspots*. Ed. E Reeves and AV van Helden. Chicago: University of Chicago Press, 2008.

Galilei, Vincenzo. *Dialogue on Ancient and Modern Music*. Ed. CV Palisca. New Haven: Yale University Press, 2003.

Galloway, Elijah and Luke Hebert. *History and Progress of the Steam Engine with a Practical Investigation of Its Structure and Application*. London: T Kelly, 1836.

Galloway, Robert L. *The Steam Engine and Its Inventors*. London: Macmillan, 1881.

Galluzzi, Paolo. *The Art of Invention: Leonardo and Renaissance Engineers*. Florence: Giunti, 1999.

Galton, Francis. *English Men of Science, Their Nature and Nurture*. London: Macmillan, 1874.

Garber, Daniel. 'On the Frontlines of the Scientific Revolution: How Mersenne Learned to Love Galileo'. *Perspectives on Science* 12 (2004): 135–63.

Garzoni, Leonardo. *Trattati della calamità*. Ed. M Ugaglia. Milan: FrancoAngeli, 2005.

Gascoigne, John. 'Crossing the Pillars of Hercules: Francis Bacon, the Scientific Revolution and the New World'. In *Science in the Age of Baroque*. Ed. O Gal and R Chen-Morris. Dordrecht: Springer, 2012: 217–37.

———. 'A Reappraisal of the Role of the Universities in the Scientific Revolution'. In *Reappraisals of the Scientific Revolution*. Ed. D Lindberg and R Westman. Cambridge: Cambridge University Press, 1990: 207–60.

Gassendi, Pierre. *Animadversiones in decimum librum Diogenis Laertii*. Lyons: Barbier, 1649.

———. *Opera omnia*. 6 vols. Florence: J Cajetan, 1727.

Gatti, Hilary. 'Bruno and the Gilbert Circle'. In *Giordano Bruno and Renaissance Science*. Ithaca: Cornell University Press, 1999: 86–98.

———. *Essays on Giordano Bruno*. Princeton: Princeton University Press, 2011.

Gaukroger, Stephen. *Descartes: An Intellectual Biography*. Oxford: Clarendon Press, 1995.

———. *The Emergence of a Scientific Culture: Science and the Shaping of Modernity 1210–1685*. Oxford: Clarendon Press, 2006.

Gaulke, Karsten. '*Die Papin–Savery-Kontroverse*'. In *Denis Papin: Erfinder und Naturforscher in Hessen-Kassel*. Ed. F Tönsmann and H Schneider. Kassel: Euregioverlag, 2009: 105–22.

Gaurico, Luca, Prosdocimus and others. *Spherae tractatus*. Venice: Ginuta, 1531.

Geertz, Clifford. *Local Knowledge: Further Essays in Interpretive Anthropology.*

New York: Basic Books, 1983.

Geis, Gilbert and Ivan Bunn. *A Trial of Witches: A Seventeenth-century Witchcraft Prosecution*. London: Routledge, 1997.

Gellner, Ernest. 'Concepts and Society'. In *Rationality*. Ed. B Wilson. Oxford: Blackwell, 1970: 18–49.

———. *Relativism and the Social Sciences.* Cambridge: Cambridge University Press, 1985.

Gerbino, Anthony and Stephen Johnston. *Compass and Rule: Architecture as Mathematical Practice in England, 1500–1750*. New Haven: Yale University Press, 2009.

Gerland, Ernst. '*Das sogenannte Dampfschiff Papin's*'. *Zeitschrift des Vereins für Hessische Geschichte und Landeskunde* 18 (1880): 221–7.

Gerson, Jean. *Opera.* Basle: N Kesler, 1489.

———. *Opera omnia.* 5 vols. Antwerp: Societas, 1706.

Gerth, Jerome. '*Der Dampfkochtopf = Digestor – Eine Erzählung*'. In *Denis Papin und die Eisenhütte Veckerhagen.* Reinhardshagen: Gemeindevorstand Reinhardshagen, 1987: 2–14.

Gibbon, Nicholas. *A Summe or Body of Divinitie Real. Stating Ye Fundamentall, in Modell, for Ye Evidencing & Fixing the Dogmaticall Truths after Ye Way of Demonstration.* London: [n.p.], 1651.

Gigerenzer, Gerd, Zeno Swijtink and others. *The Empire of Chance: How Probability Changed Science and Everyday Life.* Cambridge: Cambridge University Press, 1989.

Gilbert, Creighton. 'When Did a Man in the Renaissance Grow Old?' *Studies in the Renaissance* 14 (1967): 7–32.

Gilbert, Felix. *Machiavelli and Guicciardini: Politics and History in Sixteenth-century Florence*. Princeton: Princeton University Press, 1965.

Gilbert, William. *De magnete*. Trans. P Fleury Mottelay. New York: Dover, 1951.

———. *De magnete, magneticisque corporibus, et de magno magnete tellure: Physiologia nova*. London: P Short, 1600.

———. *De mundo nostro sublunari philosophia nova*. Amsterdam: Elzevir, 1651.

———. *On the Magnet, Magnetick Bodies Also, and on the Great Magnet of the Earth: A New Physiology.* Trans. SP Thompson. London: Chiswick Press, 1900.

Gimpel, Jean. *The Medieval Machine: The Industrial Revolution of the Middle Ages*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1976.

Gingerich, Owen. *An Annotated Census of Copernicus' 'De revolutionibus' (Nuremberg, 1543 and Basel, 1566)*. Leiden: Brill, 2002.

———. *The Book Nobody Read: Chasing the Revolutions of Nicolaus Copernicus.* London: Penguin, 2005.

———. 'Circles of the Gods: Copernicus, Kepler and the Ellipse'. *Bulletin of the American Academy of Arts and Sciences* 47 (1994): 15–27.

———. 'Did Copernicus Owe a Debt to Aristarchus?' *Journal for the History of*

Astronomy 16 (1985): 37–42.
———. 'From Copernicus to Kepler: Heliocentrism as Model and as Reality'. *Proceedings of the American Philosophical Society* 117 (1973): 513–22.
———. 'Johannes Kepler'. In *The General History of Astronomy*. 4 vols. 2A: *Planetary Astronomy from the Renaissance to the Rise of Astrophysics*. Ed. R

Taton and C Wilson. Cambridge: Cambridge University Press, 1989: 54–78.

———. 'Sacrobosco as a Textbook'. *Journal for the History of Astronomy* 19 (1988): 269–73.

———. 'Sacrobosco Illustrated'. In *Between Demonstration and Imagination: Essays in the History of Science and Philosophy Presented to John D. North*. Ed. AJ Vanderjagt and L Nauta. Leiden: Brill, 1999: 211–24.

———. 'Tycho Brahe and the Nova of 1572'. In *1604–2004: Supernovae as Cosmological Lighthouses*. Ed. M Turatto, S Benetti, L Zampieri and W Shea. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, 2005: 3–12.

Gingerich, Owen and Albert van Helden. 'From Occhiale to Printed Page: The Making of Galileo's *Sidereus nuncius*'. *Journal for the History of Astronomy* 34 (2003): 251–67.

Gingerich, Owen and JR Voelkel. 'Tycho Brahe's Copernican Campaign'. *Journal for the History of Astronomy* 29 (1998): 1–34.

Gingerich, Owen and Robert S Westman. 'The Wittich Connection: Conflict and Priority in Late-sixteenth-century Cosmology'. *Transactions of the American Philosophical Society* 78 (1988): 1–148.

Ginsburg, Jekuthiel. 'On the Early History of the Decimal Point'. *American Mathematical Monthly* 35 (1928): 347–9.

Ginzburg, Carlo. *Myths, Emblems, Clues*. London: Hutchinson Radius, 1990.

Glanvill, Joseph. *Plus ultra, or The Progress and Advancement of Knowledge since the Days of Aristotle*. London: J Collins, 1668.

———. *Saducismus triumphatus, or Full and Plain Evidence Concerning Witches and Apparitions*. London: J Collins, 1681.

———. *The Vanity of Dogmatizing*. London: H Eversden, 1661.

Gleeson-White, Jane. *Double Entry: How the Merchants of Venice Shaped the Modern World*. Crows Nest, NSW: Allen & Unwin, 2011.

Goddu, André. 'Reflections on the Origin of Copernicus's Cosmology'. *Journal for the History of Astronomy* 37 (2006): 37–53.

Godwin, Francis. *The Man in the Moone*. Ed. W Poole. Peterborough, Ont.: Broadview Press, 2009.

Goldberg, Jonathan. 'Speculations: Macbeth and Source'. In *Shakespeare Reproduced: The Text in History and Ideology*. London, 1987: 242–64.

Goldie, Mark. 'The Context of the Foundations'. In *Rethinking the Foundations of Modern Political Thought*. Ed. A Brett, J Tully and H Hamilton-Bleakley. Cambridge: Cambridge University Press, 2006: 3–19.

Goldstein, Bernard R. 'Theory and Observation in Medieval Astronomy'. *Isis* 63 (1972): 39–47.

Goldstein, Bernard R and Giora Hon. 'Kepler's Move from Orbs to Orbits: Documenting a Revolutionary Scientific Concept'. *Perspectives on Science* 13 (2005): 74–111.

Goldstein, Thomas. 'The Renaissance Concept of the Earth in Its Influence upon

Copernicus'. *Terrae incognitae* 4 (1972): 19–51.

Golinski, Jan. 'New Preface'. In *Making Natural Knowledge: Constructivism and the History of Science*. Chicago: University of Chicago Press, 2005: vii–xv.

Gombrich, Ernst Hans. *Art and Illusion*. London: Phaidon, 1960.

Goulding, Robert. 'Henry Savile and the Tychonic World-system'. *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes* 58 (1995): 152–79.

Grafton, Anthony. *The Footnote: A Curious History*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1997.

———. 'Review: The Importance of Being Printed'. *Journal of Interdisciplinary History* 11 (1980): 265–86.

Grafton, Anthony, April Shelford and Nancy G Siraisi. *New Worlds, Ancient Texts: The Power of Tradition and the Shock of Discovery*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1992.

Granada, Miguel A. 'Aristotle, Copernicus, Bruno: Centrality, the Principle of Movement and the Extension of the Universe'. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 35 (2004): 91–114.

———. '*Bruno, Digges, Palingenio: Omogeneità ed eterogeneità nella concezione dell'universo infinito*'. *Rivista di storia della filosofia* 47 (1992): 47–73.

Granada, Miguel A, Adam Mosley and Nicholas Jardine. *Christoph Rothmann's Discourse on the Comet of 1585: An Edition and Translation with Accompanying Essays*. Leiden: Brill, 2014.

Graney, Christopher M. 'Anatomy of a Fall: Giovanni Battista Riccioli and the Story of G'. *Physics Today* 65 (2012): 36–40.

———. 'Science Rather than God: Riccioli's Review of the Case For and Against the Copernican Hypothesis'. *Journal for the History of Astronomy* 43 (2012): 215–26.

———. *Setting Aside All Authority: Giovanni Battista Riccioli and the Science against Copernicus in the Age of Galileo*. Notre Dame: University of Notre Dame Press, 2015.

———. 'The Work of the Best and Greatest Artist: A Forgotten Story of Religion, Science and Stars in the Copernican Revolution'. *Logos: A Journal of Catholic Thought and Culture* 15 (2012): 97–124.

Grant, Edward. 'In Defense of the Earth's Centrality and Immobility: Scholastic Reaction to Copernicanism in the Seventeenth Century'. *Transactions of the American Philosophical Society* 74 (1984): 1–69.

———. *The Foundations of Modern Science in the Middle Ages*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
———. 'God and Natural Philosophy: The Late Middle Ages and Sir Isaac Newton'. *Early Science and Medicine* 5 (2000): 279–98.
———. 'God, Science and Natural Philosophy in the Late Middle Ages'. *Studies in Intellectual History* 96 (1999): 243–68.

———. *Planets, Stars and Orbs: The Medieval Cosmos, 1200–1687*. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

——— (ed.). *A Source Book in Medieval Science*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1974.

Graunt, John. *Natural and Political Observations … Made upon the Bills of Mortality.* London: T Roycroft, 1662.

Gray, John. *Heresies*. London: Granta Books, 2004.

Greeley, Horace. 'The Age We Live In'. *Nineteenth Century* 1 (1848): 50–4.

Greenblatt, Stephen. 'Invisible Bullets'. In *Shakespearean Negotiations*. Oxford: Clarendon Press, 1988: 21–65.

———. *The Swerve: How the Renaissance Began*. London: Bodley Head, 2011.

Greenblatt, Stephen and Joseph L Koerner. 'The Glories of Classicism'. *New York Review of Books*, 21 February 2013.

Grendler, Marcella. 'Book Collecting in Counter-Reformation Italy: The Library of Gian Vincenzo Pinelli (1535–1601)'. *Journal of Library History* 16 (1981): 143–51.

Griffith, Alexander. *Mercurius Cambro-Britannicus, or News from Wales*. London: [s.n.], 1652.

Griffiths, Ralph. 'Select Dissertations from the *Amoenitates academicae*'. *Monthly Review* 65 (1781): 296–304.

Grünbaum, Adolf. 'The Duhemian Argument'. *Philosophy of Science* 27 (1960): 75–87.

Grynaeus, Simon. *Novus orbis regionum ac insularum veteribus incognitarum*. Basle: J Hervagius, 1532.

Guerlac, Henry. 'Can We Date Newton's Early Optical Experiments?' *Isis* 74 (1983): 74–80.

Guicciardini, Francesco. *Maxims and Reflections (Ricordi)*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1972.

Gulliver, Lemuel. *The Anatomist Dissected, or The Man-Midwife Finely Brought to Bed*. Westminster: A Campbell, 1727.

Haack, Susan. *Manifesto of a Passionate Moderate: Unfashionable Essays*. Chicago: University of Chicago Press, 1998.

Hacking, Ian. *The Emergence of Probability: A Philosophical Study of Early Ideas about Probability, Induction and Statistical Inference*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

———. 'Five Parables'. In *Philosophy in History*. Ed. R Rorty, JB Schneewind and Q Skinner. Cambridge: Cambridge University Press, 1984: 103–24.

———. *Historical Ontology*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press

———. *Historical Ontology*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2002.
———. 'How Inevitable are the Results of Successful Science?' *Philosophy of Science* 67 Supplement (2000): 58–71.
———. Inaugural Lecture: Chair of Philosophy and History of Scientific Con-

cepts at the Collège de France. *Economy and Society* 31 (2002): 1–14.

———. ‘Introductory Essay’. In Thomas S Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago; London: University of Chicago Press, 2012: i–xxxvii.

———. ‘Language, Truth and Reason’. In *Rationality and Relativism*. Ed. M Hollis and S Lukes. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1982: 48–66.

———. ‘The Self-vindication of the Laboratory Sciences’. In *Science as Practice and Culture*. Ed. A Pickering. Chicago: University of Chicago Press, 1992: 29–64.

———. *The Social Construction of What?* Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1999.

———. ‘“Style” for Historians and Philosophers’. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 23 (1992): 1–20.

———. ‘Was There Ever a Radical Mistranslation?’ *Analysis* 41 (1981): 171–5.

Hahn, Nan L. ‘Medieval Mensuration: *Quadrans vetus* and *Geometrie due sunt partes principales*’. *Transactions of the American Philosophical Society* 72 (1982): lxxxv, 204.

Hale, John Rigby. *The Civilization of Europe in the Renaissance*. London: HarperCollins, 1993.

———. ‘The Early Development of the Bastion: An Italian Chronology *c.*1450–*c.*1534’. In *Europe in the Late Middle Ages*. Ed. JR Hale. London: Faber, 1965: 466–94.

———. ‘Warfare and Cartography, *c.*1450 to *c.*1640’. In *The History of Cartography*. 6 vols. Vol. 3: *Cartography in the European Renaissance*. Ed. D Woodward. Chicago: University of Chicago Press, 2007: 719–37.

Hale, Matthew. *Difficiles nugae, or Observations Touching the Torricellian Experiment*. London: W Shrowsbury, 1674.

Hall, A Rupert. *All was Light: An Introduction to Newton’s Opticks*. Oxford: Clarendon Press, 1993.

———. *Ballistics in the Seventeenth Century: A Study in the Relations of Science and War*. Cambridge: Cambridge University Press, 1952.

———. ‘Engineering and the Scientific Revolution’. *Technology and Culture* 2 (1961): 333–41.

———. *Philosophers at War: The Quarrel between Newton and Leibniz*. Cambridge: Cambridge University Press, 1980.

———. ‘What Did the Industrial Revolution in Britain Owe to Science?’ In *Historical Perspectives: Studies in English Thought and Society, in Honour of J. H. Plumb*. Ed. N McKendrick. London: Europa, 1974: 129–51.

———. ‘William Wotton and the History of Science’. *Archives internationales d’histoire des sciences* 9 (1949): 1047–62.

Hamblyn, Richard. *The Invention of Clouds: How an Amateur Meteorologist*

Hamblyn, Richard. *The Invention of Clouds: How an Amateur Meteorologist Forged the Language of the Skies*. London: Picador, 2001.
Hamel, Jürgen. *Studien zur 'Sphaera' des Johannes de Sacrobosco*. Leipzig: Akademische Verlagsanstalt, 2014.

Hannam, James. *God's Philosophers: How the Medieval World Laid the Foundations of Modern Science*. London: Icon Books, 2009.
Hanson, Norwood Russell. 'An Anatomy of Discovery'. *Journal of Philosophy* 64 (1967): 321–52.
———. '*Hypotheses fingo*'. In *The Methodological Heritage of Newton.* Ed. RE Butts and JW Davis. Oxford: Blackwell, 1970: 14–33.
———. *Patterns of Discovery: An Inquiry into the Conceptual Foundations of Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1958.
Harle, Jonathan. *An Historical Essay on the State of Physick in the Old and New Testament.* London: R Ford, 1729.
Harley, John Brian. 'Maps, Knowledge and Power'. In *The New Nature of Maps: Essays in the History of Cartography.* Ed. P Laxton. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2001: 51–82.
Harris, John. *Lexicon technicum, or An Universal English Dictionary of Arts and Sciences Vol. I.* London: D Brown, 1704.
Harrison, Peter. *The Bible, Protestantism and the Rise of Natural Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
———. 'Curiosity, Forbidden Knowledge and the Reformation of Natural Philosophy in Early Modern England'. *Isis* 92 (2001): 265–90.
———. 'The Development of the Concept of Laws of Nature'. In *Creation: Law and Probability.* Ed. FN Watts. Minneapolis: Fortress Press, 2008: 13–35.
———. *The Fall of Man and the Foundations of Science.* Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
———. 'Newtonian Science, Miracles and the Laws of Nature'. *Journal of the History of Ideas* 56 (1995): 531–53.
———. 'Reassessing the Butterfield Thesis'. *Historically Speaking* 8 (2006): 7–10.
———. 'Voluntarism and Early Modern Science'. *History of Science* 40 (2002): 63–89.
———. 'Voluntarism and the Origins of Modern Science: A Reply to John Henry'. *History of Science* 47 (2009): 223–31.
Harvey, Gabriel. *Gabriel Harvey's Marginalia*. Ed. GCM Moore Smith. Stratford-upon-Avon: Shakespeare Head Press, 1913.
Harvey, Gideon. *The Vanities of Philosophy and Physick*. London: A Roper, 1699.
Harvey, William. *Anatomical Exercitations, Concerning the Generation of Living Creatures*. London: O Pulleyn, 1653.
Haugen, Kristine Louise. *Richard Bentley: Poetry and Enlightenment.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2011.
Hay, Denys. *Polydore Vergil: Renaissance Historian and Man of Letters*. Oxford:

Hay, Denys. *Polydore Vergil: Renaissance Historian and Man of Letters*. Oxford: Clarendon Press, 1952.

Hayton, Darin. 'Instruments and Demonstrations in the Astrological Curriculum: Evidence from the University of Vienna, 1500–1530'. *Studies in History and Philosophy of Science Part C* 41 (2010): 125–34.

Headley, John M. 'The Sixteenth-century Venetian Celebration of the Earth's Total Habitability: The Issue of the Fully Habitable World for Renaissance Europe'. *Journal of World History* 8 (1997): 1–27.

Hedrick, Elizabeth. 'Romancing the Salve: Sir Kenelm Digby and the Powder of Sympathy'. *British Journal for the History of Science* 41 (2008): 161–85.

Heeffer, Albrecht. 'On the Curious Historical Coincidence of Algebra and Double-entry Bookkeeping'. In *Foundations of the Formal Sciences VII*. Ed. K François, B Löwe and T Müller. London: College Publishers, 2011: 109–30.

Heilbron, John L. *Galileo*. Oxford: Oxford University Press, 2010.

———. *Physics at the Royal Society During Newton's Presidency*. Los Angeles: William Andrews Clark Memorial Library, 1983.

Heisenberg, W. '*Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen*'. *Zeitschrift für Physik* 33 (1925): 879–93.

Helas, Philine. '*Die Erfindung des Globus durch die Malerei – zum Wandel des Weltbildes im 15. Jahrhundert*'. In *Die Welt im Bild: Weltentwürfe in Kunst, Literatur und Wissenschaft seit der Frühen Neuzeit*. Ed. U Gehring. Munich: W Fink, 2010: 43–86.

———. '*Mundus in rotundo et pulcherrime depictus: Nunquam sistens sed continuo volvens: Ephemere Globen in den Festinszenierungen des italienischen Quattrocento*'. *Der Globusfreund* 45–6 (1998): 155–75.

Helden, Albert van. 'The Invention of the Telescope'. *Transactions of the American Philosophical Society* 67 (1977): 1–67.

———. *Measuring the Universe*. Chicago: University of Chicago Press, 1985.

———. 'Roemer's Speed of Light'. *Journal for the History of Astronomy* 14 (1983): 137–41.

Helden, Anne C van. 'The Age of the Air-pump'. *Tractrix* 3 (1991): 149–72.

Hellman, C Doris. 'Additional Tracts on the Comet of 1577'. *Isis* 39 (1948): 172–4.

———. 'A Bibliography of Tracts and Treatises on the Comet of 1577'. *Isis* 22 (1934): 41–68.

———. *The Comet of 1577: Its Place in the History of Astronomy*. New York: AMS Press, 1971.

Hellman, Hal. *Great Feuds in Mathematics: Ten of the Liveliest Disputes Ever*. Hoboken, NJ: John Wiley, 2006.

Hellyer, Marcus (ed.). *The Scientific Revolution: The Essential Readings*. Malden, Mass.: Blackwell, 2003.

Helmont, Jean Baptiste van. *Deliramenta catarrhi, or The Incongruities, Impossibilities and Absurdities Couched under the Vulgar Opinion of Defluxions*

sibilities and Absurdities Couched under the Vulgar Opinion of Defluxions. Ed. W Charleton. London: William Lee, 1650.
———. *Ortus medicinae, id est, initia physicae inaudita.* Amsterdam: Elsevier, 1652.
Helmont, Jean Baptiste van and Walter Charleton. *A Ternary of Paradoxes. The Magnetick Cure of Wounds. Nativity of Tartar in Wine. Image of God in Man.*

London: W Lee, 1649.

Henninger-Voss, Mary. 'Measures of Success: Military Engineering and the Architectonic Understanding of Design'. In *Picturing Machines*. Ed. W Lefèvre. Cambridge, Mass.: MIT Press, 2004: 143–69.

Henry, John. 'Metaphysics and the Origins of Modern Science: Descartes and the Importance of Laws of Nature'. *Early Science and Medicine* 9 (2004): 73–114.

———. *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science*. Houndmills, Basingstoke: Palgrave, 2008.

———. 'Voluntarist Theology at the Origins of Modern Science: A Response to Peter Harrison'. *History of Science* 47 (2009): 79–113.

Hesse, Mary. 'Comment on Kuhn's "Commensurability, Comparability, Communicability"'. *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association* (1982): 704–11.

Hessen, Boris and Henryk Grossman. *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution*. Ed. P McLaughlin and G Freudenthal. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2009.

Hessler, John W. *The Naming of America: Martin Waldseemüller's 1507 World Map and the* '*Cosmographiae introductio*'. London: Giles, 2008.

Hevelius, Johannes and Jeremiah Horrocks. *Mercurius in Sole visus Gedani: Anno christiano 1661 ... cui annexa est, Venus in Sole visa, Anno 1639*. Gdansk: Reiniger, 1662.

Hexter, Jack H. 'The Historian and His Day'. *Political Science Quarterly* 69 (1954): 219–33.

———. *Reappraisals in History*. Evanston, Ill.: Northwestern University Press, 1961

Hiatt, Alfred. *Terra incognita: Mapping the Antipodes before 1600*. Chicago: University of Chicago Press, 2008.

Hill, Christopher. *Intellectual Origins of the English Revolution*. Oxford: Clarendon Press, 1965.

———. 'The Word "Revolution" in Seventeenth-century England'. In *For Veronica Wedgwood These Studies in Seventeenth-century History*. Ed. R Ollard and P Tudor-Craig. London: William Collins, 1986: 134–51.

Hill, Nicholas. *Philosophia epicuraea democritiana theophrastica*. Ed. S Plastina. Pisa: Fabrizio Serra, 2007.

Hills, Richard Leslie. *Power from Steam: A History of the Stationary Steam Engine*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.

Himmelstein, Franz Xaver. *Synodicon herbipolense: Geschichte und Statuten der im Bisthum Würzburg gehaltenen Concilien und Dioecesansynoden*. Würz-

burg: Stahel, 1855.
Hine, W L. 'Inertia and Scientific Law in Sixteenth-century Commentaries on Lucretius'. *Renaissance Quarterly* 48 (1995): 728–41.
Hintikka, Jaakko. 'Aristotelian Infinity'. *Philosophical Review* 75 (1966): 197–218.

Hoare, Michael Rand. *The Quest for the True Figure of the Earth: Ideas and Expeditions in Four Centuries of Geodesy*. Burlington, VT: Ashgate, 2004.

Hobbes, Thomas. *Critique du 'De mundo' de Thomas White*. Ed. J Jacquot and HW Jones. Paris: J Vrin, 1973.

———. *Elements of Philosophy, the First Section, Concerning Body*. London: A Crooke, 1656.

———. *Humane Nature, or The Fundamental Elements of Policie*. London: F Bowman, 1650.

———. *Leviathan, or The Matter, Forme and Power of a Common Wealth, Ecclesiasticall and Civil*. London: A Crooke, 1651.

———. *Of Libertie and Necessitie: A Treatise*. London: F Eaglesfield, 1654.

———. *Philosophicall Rudiments Concerning Government and Society*. London: Royston, 1651.

Hobson, Anthony. 'A Sale by Candle in 1608'. *The Library* 5 (1971): 215–33.

Hollis, Martin and Steven Lukes (eds.). *Rationality and Relativism*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1982.

Holmes, Geoffrey S. 'Gregory King and the Social Structure of Pre-Industrial England'. *Transactions of the Royal Historical Society* 27 (1977): 41–68.

Hooke, Robert. *Lectiones Cutlerianæ, or A Collection of Lectures, Physical, Mechanical, Geographical & Astronomical*. London: J Martyn, 1679.

———. *Lectures de potentia restitutiva, or Of Spring, Explaining the Power of Springing Bodies*. London: J Martyn, 1678.

———. *Micrographia, or Some Physiological Descriptions of Minute Bodies*. London: J Martyn, 1665.

———. *The Posthumous Works*. London: S Smith, 1705.

Hooker, Richard. *Of the Lawes of Ecclesiasticall Politie, Eight Bookes*. London: J Windet, 1604.

Hooykaas, Reijer. *G. J. Rheticus's Treatise on Holy Scripture and the Motion of the Earth*. Amsterdam: North-Holland, 1984.

———. *Religion and the Rise of Modern Science*. Grand Rapids, MI.: Eerdmans, 1972.

Horrocks, Jeremiah. *Venus Seen on the Sun: The First Observation of a Transit of Venus*. Ed. W Applebaum. Leiden: Brill, 2012.

Horton, Robin. *Patterns of Thought in Africa and the West: Essays on Magic, Religion and Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

Hoskin, Michael. 'The Discovery of Uranus, the Titius–Bode Law, and the Asteroids'. In *The General History of Astronomy*. 4 vols. Vol. 2B: *Planetary Astron-*

omy from the Renaissance to the Rise of Astrophysics. Ed. R Taton and C Wilson. 1995: 169–80.

Hoyningen-Huene, Paul. 'Three Biographies: Kuhn, Feyerabend and Incommensurability'. In *Rhetoric and Incommensurability*. Ed. RA Harris. West Lafayette, IN: Parlor Press, 2005: 150–75.

———. 'Two Letters of Paul Feyerabend to Thomas S. Kuhn on a Draft of *The Structure of Scientific Revolutions*'. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 26 (1995): 353–87.

Hues, Robert. *A Learned Treatise of Globes, Both Coelestiall and Terrestriall.* London: A Kemb, 1659.

———. *Tractatus de globis, coelesti et terrestri eorumque usu.* Amsterdam: J Hondius, 1617.

Huff, Toby E. *Intellectual Curiosity and the Scientific Revolution: A Global Perspective.* Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

Hull, David L. 'In Defense of Presentism'. *History and Theory* 18 (1979): 1–15.

Hull, Gordon. 'Hobbes and the Premodern Geometry of Modern Political Thought'. In *Arts of Calculation: Quantifying Thought in Early Modern Europe*. Ed. D Glimp and MR Warren. New York: Palgrave Macmillan, 2004: 115–35.

Humboldt, Alexander von. *Examen critique de l'histoire de la géographie du nouveau continent: Et des progrès de l'astronomie nautique aux 15me et 16me siècles*. 3 vols. Paris: Gide, 1836–9.

Hume, David. *Philosophical Essays Concerning Human Understanding.* London: A Millar, 1748.

———. *Political Discourses.* Edinburgh: A Kincaid, 1752.

Hunter, Michael. 'Alchemy, Magic and Moralism in the Thought of Robert Boyle'. *British Journal for the History of Science* 23 (1990): 387–410.

———. *Boyle: Between God and Science.* New Haven: Yale University Press, 2009.

———. 'The Decline of Magic: Challenge and Response in Early Enlightenment England'. *The Historical Journal* 55 (2012): 399–425.

———. *Establishing the New Science: The Experience of the Early Royal Society.* Woodbridge, Suffolk: Boydell Press, 1989.

———. 'New Light on the "Drummer of Tedworth": Conflicting Narratives of Witchcraft in Restoration England'. *Historical Research* 78 (2005): 311–53.

———. *The Occult Laboratory: Magic, Science and Second Sight in Late-seventeenth-century Scotland.* Woodbridge: Boydell Press, 2001.

——— (ed.). *Robert Boyle by Himself and His Friends: With a Fragment of William Wotton's Lost Life of Boyle.* London: W Pickering, 1994.

———. *The Royal Society and Its Fellows, 1660–1700: The Morphology of an Early Scientific Institution.* Chalfont St Giles, Bucks: British Society for the History of Science, 1982.

———. 'The Royal Society and the Decline of Magic'. *Notes and Records of the Royal Society* 65: 103–19 (2011).

Royal Society 65: 105–19 (2011).

———. ‘Science and Astrology in Seventeenth-century England: An Unpublished Polemic by John Flamsteed’. [1987] In *Science and the Shape of Orthodoxy: Intellectual Change in Late-seventeenth-century Britain*. Boydell & Brewer, 1995: 245–85.

———. ‘Science and Heterodoxy: An Early Modern Problem Reconsidered’. In

Reappraisals of the Scientific Revolution. Ed. D Lindberg and R Westman. Cambridge: Cambridge University Press, 1990: 437–60.

Hunter, Michael and Lawrence M Principe. 'The Lost Papers of Robert Boyle'. *Annals of Science* 60 (2003): 269–311.

Hunter, Michael and Paul B Wood. 'Towards Solomon's House: Rival Strategies for Reforming the Early Royal Society'. *History of Science* 24 (1986): 49–108.

Huppert, George. 'The Life and Works of Louis Le Roy, by Werner L. Gundersheimer'. *History and Theory* 7 (1968): 151–8.

Ibn Al-Haytham. *Alhacen's Theory of Visual Perception: The First Three Books of Alhacen's 'De aspectibus'*. Ed. AM Smith. Philadelphia: American Philosophical Society, 2001.

———. *The Optics: Books I–III, on Direct Vision*. Ed. AI Sabra. 2 vols. London: Warburg Institute, University of London, 1989.

Ilardi, Vincent. *Renaissance Vision from Spectacles to Telescopes*. Philadelphia: American Philosophical Society, 2007.

Iliffe, R. '"In the Warehouse": Privacy, Property and Priority in the Early Royal Society'. *History of Science* 30 (1992): 29–68.

Isaac, Joel. *Working Knowledge: Making the Human Sciences from Parsons to Kuhn*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2012.

Ivins, William Mills. *On the Rationalization of Sight: With . . . Three Renaissance Texts*. New York: Da Capo Press, 1975.

———. *Prints and Visual Communication*. London: Routledge, 1953.

Jackson, Thomas. *Justifying Faith, or The Faith by which the Just Do Live*. London: J Beale, 1615.

Jacob, Margaret C. 'Science Studies after Social Construction: The Turn toward the Comparative and the Global'. In *Beyond the Cultural Turn: New Directions in the Study of Society and Culture*. Ed. VE Bonnell and L Hunt. University of California Press, 1999: 95–120.

———. *Scientific Culture and the Making of the Industrial West*. New York: Oxford University Press, 1997.

Jacob, Margaret C and Larry Stewart. *Practical Matter: Newton's Science in the Service of Industry and Empire, 1687–1851*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2004.

Jacquot, Jean. 'Thomas Harriot's Reputation for Impiety'. *Notes and Records of the Royal Society of London* 9 (1952): 164–87.

Jalobeanu, Dana. 'A Natural History of the Heavens: Francis Bacon's Anti-Copernicanism'. In *The Making of Copernicus: Early Modern Transformations of the Scientist and His Science*. Ed. W Neuber, T Rahn and C Zittel. Leiden: Brill, 2015: 64–87.

James, GO. 'The Problem of Mechanical Flight'. *Science* 36 (1912): 336–40.
James, William. 'Humanism and Truth (1904)'. In *Pragmatism: A New Name for Some Old Ways of Thinking: [and] the Meaning of Truth, a Sequel to Pragma-*

tism. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1978.

Jansen, Paule. *De Blaise Pascal à Henry Hammond: Les Provinciales en Angleterre*. Paris: J Vrin, 1954.

Jardine, Nicholas. *The Birth of History and Philosophy of Science: Kepler's 'A Defence of Tycho against Ursus'*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

———. *The Scenes of Inquiry: On the Reality of Questions in the Sciences*. Oxford: Clarendon Press, 2000.

———. 'Uses and Abuses of Anachronism in the History of the Sciences'. *History of Science* 38 (2000): 251–70.

———. 'Whigs and Stories: Herbert Butterfield and the Historiography of Science'. *History of Science* 41 (2003): 125–40.

Jarrige, Pierre. *A Further Discovery of the Mystery of Jesuitisme*. London: R Royston, 1658.

Jervis, Jane L. *Cometary Theory in Fifteenth-century Europe*. Dordrecht: D Reidel, 1985.

Jesseph, Douglas M. 'Galileo, Hobbes and the Book of Nature'. *Perspectives on Science* 12 (2004): 191–211.

Jobe, Thomas Harmon. 'The Devil in Restoration Science: The Glanvill–Webster Witchcraft Debate'. *Isis* 72 (1981): 343–56.

Johns, Adrian. 'How to Acknowledge a Revolution'. *American Historical Review* 107 (2002): 106–25.

———. 'Identity, Practice and Trust in Early Modern Natural Philosophy'. *Historical Journal* 42 (1999): 1125–45.

———. *The Nature of the Book: Print and Knowledge in the Making*. Chicago: University of Chicago Press, 1998.

———. 'Science and the Book in Modern Cultural Historiography'. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 29 (1998): 167–94.

Johnson, Christine R. *The German Discovery of the World: Renaissance Encounters with the Strange and Marvelous*. Charlottesville: University of Virginia Press, 2008.

———. 'Renaissance German Cosmographers and the Naming of America'. *Past and Present* 191 (2006): 3–43.

Johnson, Francis R and Sanford V Larkey. 'Thomas Digges, the Copernican System and the Idea of the Infinity of the Universe in 1576'. *Huntington Library Bulletin* 5 (1934): 69–117.

Johnson, Samuel. 'The Vanity of Authors'. In *The Rambler [No.1 March 20, 1750 – No.208 March 14, 1752]*. 6 vols. Vol. 4 (no. 106). London: J Payne

1750 – No.208 *March* 14, 1752]. 6 vols. Vol. 4 (no. 106). London: J. Payne and J. Bouquet, 1752: 46–54.

Johnston, Stephen. 'Theory, Theoric, Practice: Mathematics and Magnetism in Elizabethan England'. *Journal de la Renaissance* 2 (2004): 53–62.

Jones, Richard Foster. *Ancients and Moderns: A Study of the Background of the*

Battle of the Books. St Louis: Washington University Press, 1936.
Jonkers, ART. *Earth's Magnetism in the Age of Sail*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2003.
Joy, Lynn S. 'Scientific Explanation: From Formal Causes to Laws of Nature'. In *The Cambridge History of Science*. 7 vols. Vol. 3: *Early Modern Science*. Ed. K Park and LJ Daston. Cambridge: Cambridge University Press, 2006: 70–105.
Jurin, James. *A Letter to the Right Reverend the Bishop of Cloyne Occasion'd by His Lordship's Treatise on the Virtues of Tar-water*. London: J Robinson, 1744.
Kant, Immanuel. *Critique of Pure Reason*. Ed. N Kemp Smith. New York: Macmillan, 1949.
Kassell, Lauren. *Medicine and Magic in Elizabethan England: Simon Forman – Astrologer, Alchemist and Physician*. Oxford: Clarendon, 2005.
Kastan, David Scott. *Shakespeare and the Book*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
Kaye, Joel. *Economy and Nature in the Fourteenth Century: Money, Market Exchange and the Emergence of Scientific Thought*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
Kemp, Martin. 'Science, Non-science and Nonsense: The Interpretation of Brunelleschi's Perspective'. *Art History* 1 (1978): 134–61.
———. *The Science of Art: Optical Themes in Western Art from Brunelleschi to Seurat*. New Haven: Yale University Press, 1990.
Kepler, Johannes. *Dioptrice, seu demonstratio eorum quae visui et visibilibus propter conspicilla non ita pridem inventa accidunt: Praemissae epistolae Galilaei de ijs quae post editionem nuncij siderij ope perspicilli, nova et admiranda in coelo deprehensa sunt*. Augsburg: Franck, 1611.
———. *Dissertatio cum nuncio sidereo*. Ed. I Pantin. Paris: Les Belles Lettres, 1993.
———. *Epitome astronomiae Copernicanae*. Frankfurt: Schönwetter, 1635.
———. *Epitome of Copernican Astronomy, Books IV and V*. Amherst, NY: Prometheus Books, 1995.
———. *L' Étoile nouvelle dans le serpentaire*. Paris: A Blanchard, 1998.
———. *L'Étrenne, ou La Neige sexangulaire*. Ed. R Halleux. Paris: Vrin, 1975.
———. *Kepler's Conversation with Galileo's Sidereal Messenger*. Ed. E Rosen. New York: Johnson Reprint Corporation, 1965.
———. *Kepler's Dream*. Ed. J Lear. Berkeley: University of California Press, 1965.
———. *Kepler's Somnium: The Dream or Posthumous Work on Lunar Astronomy*. Ed. E Rosen. Madison: University of Wisconsin Press, 1967.

———. *New Astronomy*. Trans. WH Donahue. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.
———. *The Six-cornered Snowflake.* Ed. C Hardie. Oxford: Clarendon Press, 1966.
———. *The Six-cornered Snowflake: A New Year's Gift*. Ed. JF Nims. Philadel-

phia: Paul Dry Books, 2010.
Kerker, Milton. 'Science and the Steam Engine'. *Technology and Culture* 2 (1961): 381–90.
Ketterer, David. '"The Wonderful Effects of Steam": More Percy Shelley Words in Frankenstein?' *Science Fiction Studies* 25 (1998): 566–70.
Keynes, Geoffrey. *John Evelyn, a Study in Bibliophily with a Bibliography of His Writings*. Cambridge: Cambridge University Press, 1937.
King, Henry C and John R Millburn. *Geared to the Stars: The Evolution of Planetariums, Orreries and Astronomical Clocks*. Toronto: University of Toronto Press, 1978.
King, Peter. 'Mediaeval Thought-experiments: The Metamethodology of Mediaeval Science'. In *Thought Experiments in Science and Philosophy*. Ed. T Horowitz. Lanham, MD: Rowman and Littlefield, 1991: 43–64.
Kirk, GS, JE Raven and Malcolm Schofield. *The Presocratic Philosophers: A Critical History with a Selection of Texts*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.
Klein, Judy L. *Statistical Visions in Time: A History of Time Series Analysis, 1662–1938*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
Klein, Ursula. 'Origin of the Concept of Chemical Compound'. *Science in Context* 7 (1994): 163–204.
Koyré, Alexandre. *The Astronomical Revolution: Copernicus, Kepler, Borelli*. Paris: Hermann, 1973.
———. 'Concept and Experience in Newton's Scientific Thought'. [1956] In *Newtonian Studies*. London: Chapman & Hall, 1965: 25–52.
———. '*Du monde de "l'à-peu-près" à l'univers de la précision*'. In *Études d'histoire de la pensée philosophique*. Paris: Colin, 1971: 311–29.
———. *Études d'histoire de la pensée scientifique*. Paris: Gallimard, 1973.
———. *Études Galiléennes*. Paris: Hermann, 1966.
———. *From the Closed World to the Infinite Universe*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1957.
———. '*Galilée et l'expérience de Pise: À propos d'une légende*'. In *Études d'histoire de la pensée scientifique*. Paris: Gallimard, 1973: 213–23.
———. 'Galileo and the Scientific Revolution of the Seventeenth Century'. *The Philosophical Review* 52 (1943): 333–48.
———. *Newtonian Studies*. London: Chapman & Hall, 1965.
Kren, Claudia. 'The Rolling Device of Naṣir al-Dīn al-Tūsī in the *De Spera* of Nicole Oresme?' *Isis* 62 (1971): 490–8.
Kristensen, Leif Kahl and Kurt Møller Pedersen. 'Roemer, Jupiter's Satellites and

the Velocity of Light'. *Centaurus* 54 (2012): 4–38.
Kubovy, Michael. *The Psychology of Perspective and Renaissance Art.* Cambridge: Cambridge University Press, 1986.
Kuhn, Thomas S. *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Develop-*

ment of Western Thought. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1957.
———. 'Dubbing and Redubbing: The Vulnerability of Rigid Designation'. *Minnesota Studies in the Philosophy of Science* 14 (1990): 298–318.
———. *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change*. Chicago: University of Chicago Press, 1977.
———. 'Historical Structure of Scientific Discovery'. *Science* 136 (1962): 760–64.
———. 'Mathematical versus Experimental Traditions in the Development of Physical Science'. *The Journal of Interdisciplinary History* 7 (1976): 1–31.
———. 'The Principle of Acceleration: A Non-dialectical Theory of Progress: Comment'. *Comparative Studies in Society and History* 11 (1969): 426–30.
———. *The Road since Structure: Philosophical Essays, 1970–1993, with An Autobiographical Interview*. Ed. J Conant and J Haugeland. Chicago: University of Chicago Press, 2000.
———. *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press, 1962.
———. *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press, 1970.
———. *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press, 1996.
———. *The Trouble with the Historical Philosophy of Science: Robert and Maurine Rothschild Distinguished Lecture, 19 November 1991*. Cambridge, Mass.: Department of the History of Science, Harvard University, 1992.
———. 'What are Scientific Revolutions?' [1987] In *The Road since Structure: Philosophical Essays, 1970–1993, with An Autobiographical Interview*. Ed. J Conant and J Haugeland. Chicago: University of Chicago Press, 2000: 13–32.
Kusch, Martin. 'Annalisa Coliva on Wittgenstein and Epistemic Relativism'. *Philosophia* 41 (2013): 37–49.
———. 'Hacking's Historical Epistemology: A Critique of Styles of Reasoning'. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 41 (2010): 158–73.
Kusukawa, Sachiko. *Picturing the Book of Nature: Image, Text and Argument in Sixteenth-century Human Anatomy and Medical Botany*. Chicago: University of Chicago Press, 2011.
———. 'The Sources of Gessner's Pictures for the *Historia animalium*'. *Annals of Science* 67 (2010): 303–28.
Kwa, Chunglin. *Styles of Knowing*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2011.
Labinger, Jay A. and Harry Collins (eds.). *The One Culture? A Conversation about Science*. Chicago: University of Chicago Press, 2001.

about Science. Chicago: University of Chicago Press, 2001.
La Boëtie, Étienne de. *De la servitude volontaire, ou Contr'un.* Ed. MC Smith. Geneva: Droz, 1987.
Laird, W R. 'Archimedes among the Humanists'. *Isis* 82 (1991): 629–38.
Lakatos, Imre. *The Methodology of Scientific Research Programmes*. Cambridge:

Cambridge University Press, 1978.
Lamb, David and Susan M Easton. *Multiple Discovery.* Amersham: Avebury, 1984.
La Mettrie, Julien Offray de. *La Mettrie's 'L'Homme machine': A Study in the Origins of an Idea.* Ed. A Vartanian. Princeton: Princeton University Press, 1960.
Landes, David S. 'Why Europe and the West? Why Not China?' *Journal of Economic Perspectives* 20 (2006): 3–22.
Langbein, John H. *Torture and the Law of Proof: Europe and England in the Ancien Régime*. Chicago: University of Chicago Press, 1977.
Laqueur, Thomas Walter. *Making Sex: Body and Gender from the Greeks to Freud*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1990.
Laski, Harold Joseph. *The Rise of European Liberalism: An Essay in Interpretation.* London: Allen & Unwin, 1936.
Laslett, Peter. 'Commentary'. In *Scientific Change.* Ed. AC Crombie. New York: Basic Books, 1963: 861–5.
Latham, RE (ed.). *Dictionary of Medieval Latin from British Sources*. London: British Academy, 1975– .
Latour, Bruno. 'For David Bloor ... and beyond: A Reply to David Bloor's "Anti-Latour"'. *Studies in History and Philosophy of Science* 30 (1999): 113–30.
———. 'The Force and the Reason of Experiment'. In *Experimental Inquiries.* Ed. HE Legrand. Dordrecht: Kluwer, 1990: 49–80.
———. 'One More Turn after the Social Turn: Easing Science Studies into the Non-modern World'. In *The Social Dimensions of Science*. Ed. E McMullin. Notre Dame: Notre Dame University Press, 1992: 272–92.
———. 'On the Partial Existence of Existing and Non-existing Objects'. In *Biographies of Scientific Objects*. Ed. LJ Daston. Chicago: University of Chicago Press, 2000: 247–69.
———. *Pandora's Hope: Essays on the Reality of Science Studies.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1999.
———. 'Visualisation and Cognition: Drawing Things Together'. In *Representation in Scientific Activity.* Ed. M Lynch and S Woolgar. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1990: 19–68.
———. *We Have Never been Modern.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1993.
Lattis, James M. *Between Copernicus and Galileo: Christoph Clavius and the Collapse of Ptolemaic Cosmology.* Chicago: University of Chicago Press, 1994.

Laudan, Larry. 'The Clock Metaphor and Probabilism: The Impact of Descartes on English Methodological Thought, 1650–65'. *Annals of Science* 22 (1966): 73–104.
———. 'A Confutation of Convergent Realism'. *Philosophy of Science* 48 (1981): 19–49.
———. 'Demystifying Underdetermination'. *Minnesota Studies in the Philosophy*

of Science 14 (1990): 267–97.
———. 'The Nature and Sources of Locke's Views on Hypotheses'. *Journal of the History of Ideas* 28 (1967): 211–23.
———. 'The Pseudo-science of Science?' *Philosophy of the Social Sciences* 11 (1981): 173–98.
Law, John. 'Technology and Heterogeneous Engineering: The Case of Portuguese Expansion'. In *The Social Construction of Technological Systems*. Ed. WE Bijker, T Hughes and TJ Pinch. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1987: 111–34.
Layton Jr, Edwin T. 'Technology as Knowledge'. *Technology and Culture* 15 (1974): 31–41.
Leavis, FR. *Two Cultures? The Significance of C. P. Snow*. Ed. S Collini. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
Leblanc, Vincent. *The World Surveyed, or The Famous Voyages and Travailes of V. Le Blanc, or White*. London: J Starkey, 1660.
Le Clerc, Daniel. *The History of Physick, or an Account of the Rise and Progress of the Art and the Several Discoveries Therein from Age to Age*. London: D Brown, 1699.
Leeuwen, Henry G van. *The Problem of Certainty in English Thought, 1630–1690*. The Hague: Martinus Nijhoff, 1963.
Lefèvre, Wolfgang. 'The Limits of Pictures: Cognitive Functions of Images in Practical Mechanics, 1400–1600'. In *The Power of Images in Early Modern Science*. Ed. W Lefèvre, J Renn and U Schoepflin. Basle: Birkhäuser, 2003: 69–88.
Lehoux, Daryn. 'Tropes, Facts and Empiricism'. *Perspectives on Science* 11 (2003): 326–45.
———. *What Did the Romans Know? An Inquiry into Science and Worldmaking*. Chicago: University of Chicago Press, 2012.
Leibniz, Gottfried Wilhelm, Christiaan Huygens and Denis Papin. *Leibnizens und Huygens' Briefwechsel mit Papin, nebst der Biographie Papins und einigen zugehörigen Briefen und Actenstücken*. Ed. E Gerland. Berlin: Akademie der Wissenschaften, 1881.
Lennox, James G. 'The Disappearance of Aristotle's Biology: A Hellenistic Mystery'. In *Aristotle's Philosophy of Biology: Studies in the Origins of Life Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001: 110–25.
———. 'William Harvey: Enigmatic Aristotelian of the Seventeenth Century'. In *Teleology in the Ancient World: The Dispensation of Nature*. Ed. J Rocca. Cambridge: Cambridge University Press, forthcoming.

Leonardo da Vinci. *Trattato della pittura*. Ed. G de Rossi. Rome: Stamperia de Romanis, 1817.
———. *Trattato della pittura (1651) = Traité de la peinture*. Ed. A Sconza. Paris: Les Belles Lettres, 2012.
———. *Treatise on Painting: Codex urbinas latinus 1270*. Ed. AP McMahon.

Princeton: Princeton University Press, 1956.
Leplin, Jarrett (ed.). *Scientific Realism*. Berkeley: University of California Press, 1984.
Lerner, Michel-Pierre. *Le Monde des sphères*. 2 vols. Paris: Les Belles Lettres, 1997.
Leroi, Armand Marie. *The Lagoon: How Aristotle Invented Science*. New York: Viking, 2014.
Leroy, Louis. *De la vicissitude ou variété des choses de l'univers*. Paris: P L'Huilier, 1575.
———. *Of the Interchangeable Course or Variety of Things*. London: C Yetsweirt, 1594.
Lessing, Karl G. *Gotthold Ephraim Lessings Leben, nebst seinem noch übrigen litterarischen Nachlasse*. 3 vols. *Berlin: In der Vossischen Buchhandlung*, 1793–5.
Lessius, Leonard. *Rawleigh, His Ghost, or A Feigned Apparition of Syr W. Rawleigh, to a Friend of His, for the Translating into English, the Booke of L. Lessius*. St Omer: [s.n.], 1631.
Lester, Toby. *The Fourth Part of the World*. London: Profile, 2009.
Lestringant, Frank. *L'Atelier du cosmographe, ou L'Image du monde à la Renaissance*. Paris: A Michel, 1991.
Leurechon, Jean. *Selectae propositiones in tota sparsim mathematica pulcherrimae ad usum et exercitationem celebrium academiarum*. Pont-à-Mousson: G Bernardus, 1629.
Levenson, Jay A. 'Jacopo de' Barbari'. *Print Quarterly* 25 (2008): 207–9.
Levine, Joseph M. *The Battle of the Books: History and Literature in the Augustan Age*. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1991.
———. *Between the Ancients and the Moderns: Baroque Culture in Restoration England*. New Haven: Yale University Press, 1999.
Lévy-Bruhl, Lucien. *How Natives Think*. New York: AA Knopf, 1925.
Lewis, Eric. 'Walter Charleton and Early Modern Eclecticism'. *Journal of the History of Ideas* 62 (2001): 651–64.
Lindberg, David C. 'Alhazen's Theory of Vision and Its Reception in the West'. *Isis* 58 (1967): 321–41.
———. *The Beginnings of Western Science: The European Scientific Tradition in Philosophical, Religious and Institutional Context, 600 BC to AD 1450*. Chicago: University of Chicago Press, 1992.
Lindberg, David C and Ronald L Numbers (eds.). *God and Nature: Historical Essays on the Encounter between Christianity and Science*. Berkeley: University of California Press, 1986.

Lindberg, David C and Robert S Westman (eds.). *Reappraisals of the Scientific Revolution.* Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

Line, Francis. *Tractatus de corporum inseparabilitate; in quo experimenta de vacuo, tam Torricelliana, quam Magdeburgica, & Boyliana, examinantur.* London: T Roycroft, 1661.

Livingstone, David N and Charles WJ Withers (eds.). *Geography and Revolution*. Chicago: University of Chicago Press, 2005.

Locke, John. *An Essay Concerning Humane Understanding*. London: T Basset, 1690.

Lohne, JA. 'Isaac Newton: The Rise of a Scientist 1661–1671'. *Notes and Records of the Royal Society of London* (1965): 125–39.

LoLordo, Antonia. *Pierre Gassendi and the Birth of Early Modern Philosophy*. New York: Cambridge University Press, 2007.

Long, Pamela O. 'Invention, Authorship, "Intellectual Property" and the Origin of Patents – Notes toward a Conceptual History'. *Technology and Culture* 32 (1991): 846–84.

———. *Openness, Secrecy, Authorship: Technical Arts and the Culture of Knowledge from Antiquity to the Renaissance*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2001.

———. 'Picturing the Machine: Francesco di Giorgio and Leonardo da Vinci in the 1490s'. In *Picturing Machines*. Ed. W Lefèvre. Cambridge, Mass.: MIT Press, 2004: 117–41.

———. 'Power, Patronage and the Authorship of Ars: From Mechanical Know-how to Mechanical Knowledge in the Last Scribal Age'. *Isis* 88 (1997): 1–41.

Lower, Richard. *Richard Lower's Vindicatio: A Defence of the Experimental Method*. Ed. K Dewhurst. Oxford: Sandford, 1983.

Luria, AR. *Cognitive Development, Its Cultural and Social Foundations*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1976.

Lüthy, Christoph H. 'Where Logical Necessity Turns into Visual Persuasion: Descartes' Clear and Distinct Illustrations'. In *Transmitting Knowledge: Words, Images and Instruments in Early Modern Europe*. Ed. S Kusukawa and I Maclean. Oxford: Oxford University Press, 2006: 97–133.

Lynall, Gregory. *Swift and Science*. London: Palgrave Macmillan, 2012.

Lynes, John A. 'Brunelleschi's Perspectives Reconsidered'. *Perception* 9 (1980): 87–99.

Lyotard, Jean-François. *La Condition postmoderne: rapport sur le savoir*. Paris: Éditions de Minuit, 1979.

Maas, Harro and Mary S Morgan. 'Timing History: The Introduction of Graphical Analysis in 19th-century British Economics'. *Revue d'histoire des sciences humaines* 7 (2002): 97–127.

McCord, Sheri L. 'Healing by Proxy: The Early-modern Weapon-salve'. *English Language Notes* 47 (2009): 13–24.

McCormick, Ted. *William Petty and the Ambitions of Political Arithmetic*. Oxford: Oxford University Press, 2009.

McDonald, Joseph F. 'Russell, Wittgenstein, and the Problem of the Rhinoceros'.

Southern Journal of Philosophy 31 (1993): 409–24.
Macfarlane, Alan. 'Civility and the Decline of Magic'. In *Civil Histories: Essays in Honour of Sir Keith Thomas*. Ed. P Slack, P Burke and B Harrison. Oxford: Oxford University Press, 2000: 145–60.

MacGregor, Neil. *Shakespeare's Restless World*. London: Allen Lane, 2012.
McGrew, Timothy J, Marc Alspector-Kelly and Fritz Allhoff (eds.). *The Philosophy of Science: An Historical Anthology.* Chichester: Wiley-Blackwell, 2009.
McGuire, JE and Piyo M Rattansi. 'Newton and the "Pipes of Pan"'. *Notes and Records of the Royal Society of London* 21 (1966): 108–43.
Machiavelli, Niccolò. *Selected Political Writings*. Trans. D Wootton. Indianapolis: Hackett, 1994.
McIntosh, Gregory C. *The Johannes Ruysch and Martin Waldseemüller World Maps: The Interplay and Merging of Early-sixteenth-century New World Cartographies.* Cerritos, Calif.: Plus Ultra Publishing, 2012.
MacIntyre, Alasdair C. *After Virtue: A Study in Moral Theory.* London: Duckworth, 1981.
———. 'Epistemological Crises, Dramatic Narrative and the Philosophy of Science in Historicism and Epistemology'. *Monist* 60 (1977): 453–72.
MacKay, R Jock and R Wayne Oldford. 'Scientific Method, Statistical Method and the Speed of Light'. *Statistical Science* (2000): 254–78.
Mackinnon, Nick. 'The Portrait of Fra Luca Pacioli'. *The Mathematical Gazette* 77 (1993): 130–219.
McLaughlin, Martin L. 'Humanist Concepts of Renaissance and Middle Ages in the Tre- and Quattrocento'. *Renaissance Studies* 2 (1988): 131–42.
Maclean, Ian. 'Foucault's Renaissance Episteme'. *Journal of the History of Ideas* 59 (1998): 149–66.
———. *Logic, Signs and Nature in the Renaissance: The Case of Learned Medicine.* Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
McMullin, Ernan. 'Bruno and Copernicus'. *Isis* 78 (1987): 55–74.
———. 'Giordano Bruno at Oxford'. *Isis* 77 (1986): 85–94.
———. 'The Impact of Newton's *Principia* on the Philosophy of Science'. *Philosophy of Science* 68 (2001): 279–310.
McNally, Peter (ed.). *The Advent of Printing*. Montreal: McGill University, 1987.
McNulty, Robert. 'Bruno at Oxford'. *Renaissance News* 13 (1960): 300–5.
Maffioli, Cesare S. *Out of Galileo: The Science of Waters 1628–1718*. Rotterdam: Erasmus, 1994.
———. *La via delle acque, 1500–1700: Appropriazione delle arti e trasformazione delle matematiche*. Florence: LS Olschki, 2010.
Malcolm, Noel. *Aspects of Hobbes*. Oxford: Clarendon Press, 2002.
———. 'Hobbes and Roberval'. In *Aspects of Hobbes.* Oxford: Clarendon Press, 2002: 156–99.

———. 'Hobbes's Science of Politics and His Theory of Science'. In *Aspects of Hobbes*. Oxford: Clarendon Press, 2002: 146–55.

———. 'Robert Boyle, Georges Pierre des Clozets and the Asterism: A New Source'. *Early Science and Medicine* 9 (2004): 293–306.

Manetti, Antonio. *Vita di Filippo Brunelleschi*. Ed. C C Perrone. Rome: Salerno, 1992.

Margolis, Howard. *Patterns, Thinking and Cognition: A Theory of Judgment*. Chicago: University of Chicago Press, 1987.

———. *It Started with Copernicus: How Turning the World inside out Led to the Scientific Revolution*. New York: McGraw-Hill, 2002.

Martens, Rhonda. *Kepler's Philosophy and the New Astronomy*. Princeton: Princeton University Press, 2000.

Martinet, Monique. '*Science et hypothèses chez Descartes*'. *Archives internationales d'histoire des sciences* 24 (1974): 319–39.

Massa, Daniel. 'Giordano Bruno's Ideas in Seventeenth-century England'. *Journal of the History of Ideas* 38 (1977): 227–42.

Massey, Lyle. *Picturing Space, Displacing Bodies*. University Park, PA: Pennsylvania State University Press, 2007.

Mattern, Susan P. *Galen and the Rhetoric of Healing*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2008.

May, Christopher. 'The Venetian Moment: New Technologies, Legal Innovation and the Institutional Origins of Intellectual Property'. *Prometheus* 20 (2002): 159–79.

Mayer, Anna-K. 'Setting Up a Discipline: Conflicting Agendas of the Cambridge History of Science Committee, 1936–1950'. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 31 (2000): 665–89.

Mayer, Thomas F. *The Roman Inquisition: A Papal Bureaucracy and Its Laws in the Age of Galileo*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 2013.

———. *The Roman Inquisition: Trying Galileo*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 2015.

Mayr, Ernst. 'When is Historiography Whiggish?' *Journal of the History of Ideas* 51 (1990): 301–9.

Mayr, Otto. *Authority, Liberty & Automatic Machinery in Early Modern Europe*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1986.

Mazur, Joseph. *Enlightening Symbols: A Short History of Mathematical Notation and Its Hidden Powers*. Princeton: Princeton University Press, 2014.

Mela, Pomponius. *De orbis situ libri tres. Adiecta sunt praeterea loca aliquot ex Vadiani commentarijs*. Ed. J Vadianus. Paris: C Wechel, 1530.

Melchior-Bonnet, Sabine. *The Mirror: A History*. New York: Routledge, 2002.

Merchant, Carolyn. '"The Violence of Impediments": Francis Bacon and the Origins of Experimentation'. *Isis* 99 (2008): 731–60.

Merton, Robert K. 'The Normative Structure of Science'. In *The Sociology of Science*. Chicago: University of Chicago Press, 1973: 267–78.

———. *On the Shoulders of Giants: A Shandean Postscript*. New York: Free Press, 1965.
———. 'Priorities in Scientific Discovery: A Chapter in the Sociology of Science'. *American Sociological Review* 22 (1957): 635–59.
———. 'Resistance to the Systematic Study of Multiple Discoveries in Science'.

European Journal of Sociology 4 (1963): 237–82.
———. 'Science and Technology in a Democratic Order'. *Journal of Legal and Political Sociology* 1 (1942): 115–26.
———. 'Science, Technology and Society in Seventeenth-century England'. *Osiris* 4 (1938): 360–63.
———. *Science, Technology and Society in Seventeenth-century England*. New York: Harper & Row, 1970.
———. 'Singletons and Multiples in Scientific Discovery: A Chapter in the Sociology of Science'. *Proceedings of the American Philosophical Society* 105 (1961): 470–86.
———. *The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigations*. Chicago: University of Chicago Press, 1973.
———. 'The Unanticipated Consequences of Purposive Social Action'. *American Sociological Review* 1 (1936): 894–904.
Merton, Robert K and Elinor G. Barber. *The Travels and Adventures of Serendipity*. Princeton: Princeton University Press, 2006.
Meurer, Peter H. 'Cartography in the German Lands, 1450–1650'. In *The History of Cartography*. 6 vols. Vol. 3: *Cartography in the European Renaissance*. Ed. D Woodward. Chicago: University of Chicago Press, 2007: 1172–245.
Michele, Agostino. *Trattato della grandezza dell'acqva et della terra*. Venice: N Moretti, 1583.
Middleton, WE Knowles. *The History of the Barometer*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1964.
Midgley, Robert. *A New Treatise of Natural Philosophy*. London: J Hindmarsh, 1687.
Mignolo, Walter D. *The Darker Side of the Renaissance: Literacy, Territoriality and Colonization*. Ann Arbor: University of Michigan Press, 2010.
Mill, John Stuart. *Principles of Political Economy*. London: Longmans, Green & Co., 1909.
Miller, DP. *James Watt, Chemist: Understanding the Origins of the Steam Age*. London: Pickering & Chatto Ltd, 2009.
Milliet de Chales, Claude-François. *Cursus seu mundus mathematicus*. 3 vols. Lyons, 1674.
———. *Cursus seu mundus mathematicus*. 4 vols. Lyons, 1690.
Milton, John R. 'Laws of Nature'. In *The Cambridge History of Seventeenth-century Philosophy*. 2 vols. Vol. 1. Ed. D Garber and M Ayers. Cambridge:

Cambridge University Press, 1998: 680–701.
———. 'The Origin and Development of the Concept of the "Laws of Nature"'. *European Journal of Sociology* 22 (1981): 173–95.
Minnis, AJ. *Medieval Theory of Authorship: Scholastic Literary Attitudes in the Later Middle Ages*. Aldershot: Wildwood House, 1988.

Mirowski, Philip. 'A Visible Hand in the Marketplace of Ideas: Precision Measurement as Arbitrage'. *Science in Context* 7 (1994): 563–90.

Mizauld, Antoine. *Cosmologia: Historiam coeli et mundi*. Paris: F Morellus, 1570.

Moffitt, John F. *Painterly Perspective and Piety: Religious Uses of the Vanishing Point, From the 15th to the 18th Century*. Jefferson, NC: McFarland, 2008.

Mokyr, Joel. *The Enlightened Economy: An Economic History of Britain, 1700–1850*. New Haven: Yale University Press, 2009.

———. *The Gifts of Athena: Historical Origins of the Knowledge Economy*. Princeton: Princeton University Press, 2004.

———. 'The Intellectual Origins of Modern Economic Growth'. *Journal of Economic History* 65 (2005): 285–351.

———. *The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress*. New York: Oxford University Press, 1990.

Montaigne, Michel de. *The Complete Essays*. Trans. MA Screech. London: Allen Lane, 1991.

———. *Essayes: Written in French*. Trans. J Florio. London: E Blovnt, 1613.

———. *Oeuvres complètes*. Ed. M Rat. Paris: Gallimard, 1962.

Moore, George Edward. *A Defence of Common Sense*. London: Allen & Unwin, 1925.

Morando, Bruno. 'The Golden Age of Celestial Mechanics'. In *The General History of Astronomy*. 4 vols. Vol. 2B: *Planetary Astronomy from the Renaissance to the Rise of Astrophysics*. Ed. R Taton and C Wilson. 1995: 211–39.

More, Henry. *Divine Dialogues, Containing Sundry Disquisitions and Instructions Concerning the Attributes and Providence of God*. London: J. Flesher, 1668.

———. *The Immortality of the Soul, So Farre Forth as It is Demonstrable from the Knowledge of Nature and the Light of Reason*. London: W Morden, 1659.

Morison, Samuel Eliot. *Portuguese Voyages to America in the Fifteenth Century*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1940.

Mornet, Daniel. *Les Origines intellectuelles de la Révolution française: 1715–1787*. Paris: Armand Colin, 1933.

Mosley, Adam. *Bearing the Heavens: Tycho Brahe and the Astronomical Community of the Late Sixteenth Century*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

Muir, Edward. *The Culture Wars of the Late Renaissance*. Boston: Harvard University Press, 2007.

Muraro, Luisa. *Giambattista della Porta, mago e scienziato*. Milan: Feltrinelli,

1978.
Murdoch, John E. 'Philosophy and the Enterprise of Science in the Later Middle Ages'. In *The Interaction between Science and Philosophy.* Ed. Y Elkana. Atlantic Highlands, NJ: Humanities Press, 1974: 51–74.
———. 'Pierre Duhem and the History of Late-Medieval Science and Philosophy

in the Latin West'. In *Gli studi di filosofia medievale fra otto e novecento.* Ed. A Maier and R Imbach. Rome: Edizioni di Storia e Letteratura, 1991: 253–302.

Musson, AE and Eric Robinson. *Science and Technology in the Industrial Revolution.* Manchester: Manchester University Press, 1969.

Münster, Sebastian. *A Treatyse of the Newe India with Other New Founde Landes and Islandes.* London: E Sutton, 1553.

Nagel, Thomas. 'What is It Like to be a Bat?' *The Philosophical Review* 83 (1974): 435–50.

Naudé, Gabriel. *Instructions Concerning Erecting of a Library Presented to My Lord, the President de Mesme.* Trans. J Evelyn. London: G. Bedle, 1661.

Needham, Joseph. 'Human Laws and Laws of Nature in China and the West (I)'. *Journal of the History of Ideas* 12 (1951): 3–30.

———. 'Human Laws and Laws of Nature in China and the West (II)'. *Journal of the History of Ideas* 12 (1951): 194–230.

———. *The Sceptical Biologist (Ten Essays).* London: Chatto & Windus, 1929.

———. *The Shorter Science and Civilisation in China: An Abridgement.* Ed. Colin A Rowan. 5 vols. Cambridge: Cambridge University Press, 1978–95.

Newcastle, Margaret Cavendish. *Philosophical Letters, or Modest Reflections upon Some Opinions in Natural Philosophy.* London: [s.n.], 1664.

Newman, William Royall. *Atoms and Alchemy: Chymistry and the Experimental Origins of the Scientific Revolution.* Chicago: University of Chicago Press, 2006.

———. 'Brian Vickers on Alchemy and the Occult: A Response'. *Perspectives on Science* 17 (2009): 482–506.

———. *Gehennical Fire.* Chicago: University of Chicago Press, 2003.

———. 'How Not to Integrate the History and Philosophy of Science: A Reply to Chalmers'. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 41 (2010): 203–13.

———. *Promethean Ambitions: Alchemy and the Quest to Perfect Nature.* Chicago: University of Chicago Press, 2004.

———. 'What Have We Learned from the Recent Historiography of Alchemy?' *Isis* 102 (2011): 313–21.

Newman, William Royall and Lawrence M Principe. *Alchemy Tried in the Fire.* Chicago: University of Chicago Press, 2005.

———. 'Alchemy versus Chemistry: The Etymological Origins of a Historio-

graphic Mistake'. *Early Science and Medicine* 3 (1998): 32–65.
Newton, Isaac. *The Correspondence of Isaac Newton*. Ed. HW Turnbull. 7 vols. Cambridge: Cambridge University Press, 1959–77.
———. *Isaac Newton's Papers & Letters on Natural Philosophy and Related Documents*. Ed. IB Cohen. Cambridge, Mass.: Harvard University Press,

1958.
———. 'A Letter of Mr Isaac Newton, Professor of the Mathematicks in the University of Cambridge; Containing His New Theory about Light and Colors: Sent by the Author to the Publisher From Cambridge, Febr. 6. 1671/72; in Order to be Communicated to the R. Society'. *Philosophical Transactions* 6 (1672): 3075–87.
———. *The Mathematical Principles of Natural Philosophy*. Trans. A Motte. 2 vols. London: B Motte, 1729.
———. *Opticks, or A Treatise of the Reflexions, Refractions, Inflexions and Colours of Light*. London: Samuel Smith, 1704.
———. *Unpublished Scientific Papers of Isaac Newton: A Selection from the Portsmouth Collection in the University Library, Cambridge*. Ed. AR Hall and MB Hall. Cambridge: Cambridge University Press, 1962.
Newton, Isaac and Roger Cotes. *Correspondence of Sir Isaac Newton and Professor Cotes*. Ed. J Edleston. London: JW Parker, 1850.
Newton, Robert R. 'The Authenticity of Ptolemy's Parallax Data – Part 1'. *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society* 14 (1973): 367–88.
Niceron, Jean François. *La Perspective curieuse*. Paris: Veuve F Langlois, 1652.
Nicholl, Charles. *Leonardo da Vinci: The Flights of the Mind*. London: Allen Lane, 2004.
Nield, Ted. *Incoming! Or, Why We Should Stop Worrying and Learn to Love the Meteorite*. London: Granta, 2011.
Norman, Robert. *The New Attractive: Containing a Short Discourse of the Magnes or Lodestone*. London: R Ballard, 1581.
North, John David. *God's Clockmaker: Richard of Wallingford and the Invention of Time*. London: Hambledon and London, 2005.
Nummedal, Tara. *Alchemy and Authority in the Holy Roman Empire*. Chicago: University of Chicago Press, 2007.
———. 'On the Utility of Alchemical Fraud'. In *Chymists and Chymistry: Studies in the History of Alchemy and Early Modern Chemistry*. Ed. L Principe. Sagamore Beach, Mass.: Science History Publications, 2007: 173–80.
Nye, Mary Jo. *Michael Polanyi and His Generation: Origins of the Social Construction of Science*. Chicago: University of Chicago Press, 2011.
Oakley, Francis. 'Christian Theology and the Newtonian Science: The Rise of the Concept of the Laws of Nature'. *Church History* 30 (1961): 433–57.
———. *Natural Law, Laws of Nature, Natural Rights: Continuity and Discontinuity in the History of Ideas*. New York: Continuum, 2005.

Oberman, Heiko A. ‘Reformation and Revolution: Copernicus’s Discovery in an Era of Change’. In *The Cultural Context of Medieval Learning*. Ed. JE Murdoch and ED Sylla. Springer, 1975: 397–435.

Ogborn, Miles and Charles WJ Withers. ‘Introduction: Book Geography, Book

History'. In *Geographies of the Book*. Ed. M Ogborn and CWJ Withers. Farnham: Ashgate, 2010: 1–25.

Ogilvie, Brian W. *The Science of Describing: Natural History in Renaissance Europe*. Chicago: University of Chicago Press, 2008.

O'Gorman, Edmundo. *The Invention of America: An Inquiry into the Historical Nature of the New World and the Meaning of Its History*. Bloomington: Indiana University Press, 1961.

O'Grady, Paul. 'Wittgenstein and Relativism'. *International Journal of Philosophical Studies* 12 (2004): 315–37.

Ong, Walter Jackson. *Orality and Literacy: The Technologizing of the World*. London: Routledge, 1982.

———. *Ramus, Method and the Decay of Dialogue: From the Art of Discourse to the Art of Reason*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1958.

Ophir, Adi and Steven Shapin. 'The Place of Knowledge: A Methodological Survey'. *Science in Context* 4 (1991): 3–21.

Oresme, Nicholas. *Le Livre du ciel et du monde*. Ed. AD Menut. Madison: University of Wisconsin Press, 1968.

———. *'The Questiones de spera' of Nicole Oresme: Latin Text with English Translation, Commentary and Variants*. Ed. G Droppers. Milwaukee, MI: University of Wisconsin, 1966.

———. *Traité de l'espère*. Ed. L McCarthy. Toronto: University of Toronto, 1943.

Orgel, Stephen. *Impersonations: The Performance of Gender in Shakespeare's England*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.

Osler, Margaret J. 'John Locke and the Changing Ideal of Scientific Knowledge'. *Journal of the History of Ideas* 31 (1970): 3–16.

——— (ed.). *Rethinking the Scientific Revolution*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

Owen, GEL. '*Tithenai ta phainomena*'. [1967] In *Articles on Aristotle*. 4 vols. Vol. 1: *Science*. Ed. J Barnes, M Schofield and R Sorabji. London: Duckworth, 1975: 113–26.

Padoa, Alessandro. *La Logique déductive dans sa dernière phase de développement*. Paris: Gauthier-Villars, 1912.

Palingenius, Marcellus. *The Zodiake of Life*. London: R Newberye, 1565.

———. *The Zodiake of Life*. Ed. R Tuve and B Googe. New York: Scholars' Facsimiles & Reprints, 1947.

Palisca, Claude V. '*Vincenzo Galileo, scienziato sperimentale, mentore del figlio Galileo*'. *Nuncius* 15 (2000): 497–514.

Palmerino, Carla Rita. 'Experiments, Mathematics, Physical Causes: How

Palmerino, Carla Rita. 'Experiments, Mathematics, Physical Causes: How Mersenne Came to Doubt the Validity of Galileo's Law of Free Fall'. *Perspectives on Science* 18 (2010): 50–76.

Palmieri, Paolo. 'The Cognitive Development of Galileo's Theory of Buoyancy'. *Archive for History of Exact Sciences* 59 (2005): 189–222.

———. ‘Galileo and the Discovery of the Phases of Venus’. *Journal for the History of Astronomy* 32 (2001): 109–29.

———. ‘Re-examining Galileo’s Theory of Tides’. *Archive for History of Exact Sciences* 53 (1998): 223–375.

Panofsky, Erwin. *Perspective as Symbolic Form*. New York: Zone Books , 1991.

———. *Renaissance and Renascences in Western Art*. London: Paladin, 1970.

Pantin, Isabel. ‘New Philosophy and Old Prejudices: Aspects of the Reception of Copernicanism in a Divided Europe’. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 30 (1999): 237–62.

Papin, Denis. ‘An Account of an Experiment Shewn before the Royal Society, of Shooting by the Rarefaction of the Air’. *Philosophical Transactions (1683–1775)* 16 (1686): 21–2.

———. *A Continuation of the New Digester of Bones, Its Improvements, and New Uses It Hath Been Applyed to, Both for Sea and Land: Together with Some Improvements and New Uses of the Air–pump, Tryed Both in England and in Italy*. London: J Streater, 1687.

———. ‘A Demonstration of the Velocity wherewith the Air Rushes into an Exhausted Receiver, Lately Produced before the Royal Society’. *Philosophical Transactions (1683–1775)* 16 (1686): 193–5.

———. *La Manière d’amolir les os*. Amsterdam: Desbordes, 1688.

———. *Nouvelle Manière pour élever l’eau par la force du feu mise en lumière*. Cassell: J Estienne, 1707.

———. *Recueil de diverses pièces touchant quelques nouvelles machines*. Kassel: JE Marchand, 1695.

———. *La Vie et les ouvrages de Denis Papin*. Ed. A Péan, LD Belenet and L de La Saussaye. 8 vols. Blois: C. Migault, 1894.

Park, Katharine. ‘The Rediscovery of the Clitoris’. In *The Body in Parts: Fantasies of Corporeality in Early Modern Europe*. Ed. D Hillman and C Mazzio. New York: Routledge, 1997: 171–93.

———. ‘Response to Brian Vickers, “Francis Bacon, Feminist Historiography and the Dominion of Nature”’. *Journal of the History of Ideas* 69 (2008): 143–6.

Parker, Geoffrey. *The Army of Flanders and the Spanish Road, 1567–1659*. Cambridge: Cambridge University Press, 1972.

Parker, Samuel. *Disputationes de Deo et providentia divina*. London: J Martyn, 1678.

———. *A Free and Impartial Censure of the Platonick Philosophie*. Oxford: R Davis, 1666.

Parronchi, Alessandro. '*Un tabernacolo brunelleschiano*'. In *Filippo Brunelleschi: La sua opera e il suo tempo*. Ed. G Soadolini. Florence: Centro Di, 1980: 239–55.
Parsons, Robert. *The Seconde Parte of the Booke of Christian Exercise*. London:

S Waterson, 1590.
Pascal, Blaise. *Les Provinciales*. Cologne: Pierre de la Vallée, 1657.
———. *Les Provinciales, or The Mysterie of Jesuitisme*. London: R Royston, 1657.
———. *Les Provinciales, or The Mystery of Jesuitisme*. London: R Royston, 1658.
———. *Oeuvres*. Ed. P Boutroux and L Brunschvicg. 14 vols. Vol. 2. Paris: Hachette, 1923–5.
———. *Oeuvres complètes*. Ed. J Mesnard. 4 vols. Vol. 2. Paris: Desclée de Brouwer, 1964–1992.
———. *Pensées*. Trans. WF Trotter. New York: EP Dutton, 1958.
———. *The Physical Treatises of Pascal: The Equilibrium of Liquids and the Weight of the Mass of the Air.* Ed. IHB Spiers, AGH Spiers and F Barry. New York: Columbia University Press, 1937.
Passannante, Gerard Paul. *The Lucretian Renaissance: Philology and the Afterlife of Tradition*. Chicago: University of Chicago Press, 2011.
Patrick, Symon. *A Brief Account of the New Sect of Latitude-men*. London: [n.p.], 1662.
Pecquet, Jean. *New Anatomical Experiments*. London: O Pulleyn, 1653.
Peregrinus, Petrus. *Opera*. Ed. RB Thomson and L Sturlese. Pisa: Scuola Normale Superiore, 1995.
Pesic, Peter. 'Proteus Rebound – Reconsidering the "Torture of Nature"'. *Isis* 99 (2008): 304–17.
Peterson, Mark A. *Galileo's Muse*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2011.
Petty, William. *A Treatise of Taxes and Contributions*. London: N Brooke, 1662.
Péan, Alonso and Louis de La Saussaye. *La Vie et les ouvrages de Denis Papin vol I*. Paris: Franck, 1869.
Pérez-Ramos, Antonio. *Francis Bacon's Idea of Science and the Maker's Knowledge Tradition*. Oxford: Clarendon Press, 1988.
Phillips, Derek L. *Wittgenstein and Scientific Knowledge: A Sociological Perspective*. London: Macmillan, 1977.
Phillips, Jeremy. 'The English Patent as a Reward for Invention: The Importation of an Idea'. *Journal of Legal History* 3 (1982): 71–9.
Picciotto, Joanna. *Labors of Innocence in Early Modern England*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2010.
Piccolomini, Alessandro. *Della grandezza della terra et dell'acqua*. Venice, 1558.
———. *De la sfera del mondo*. Venice: Al Segno del Pozzo, 1540.
———. *La prima parte delle theoriche: overo speculationi de i pianeti*. Venice:

———. *La prima parte delle theoriche: overo speculationi de i pianeti.* Venice: Varisco, 1558.

Pickering, Andrew. *The Mangle of Practice: Time, Agency and Science.* Chicago: University of Chicago Press, 1995.

Pinch, Trevor J. *Confronting Nature: The Sociology of Solar-neutrino Detection.*

Dordrecht: D Reidel, 1986.
———. 'Kuhn – The Conservative and Radical Interpretations: Are Some Mertonians "Kuhnians" and Some Kuhnians "Mertonians"?' *Social Studies of Science* 27 (1997): 465–82.
———. 'Opening Black Boxes: Science, Technology and Society'. *Social Studies of Science* 22 (1992): 487–510.
Pinch, Trevor J and Wiebe E Bijker. 'The Social Construction of Facts and Artefacts'. In *The Social Construction of Technological Systems*. Ed. WE Bijker, TP Hughes and TJ Pinch. MIT Press, 1987: 17–50.
Pinto-Correia, Clara. *The Ovary of Eve: Egg and Sperm and Preformation*. Chicago: University of Chicago Press, 1997.
Pliny the Elder. *L'Histoire du monde*. Trans. A du Pinet. Lyons: C Senneton, 1562.
———. *Natural History*. Trans. H Rackham. 10 vols. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1938–63.
Plutarch. 'The Face of the Moon'. In *Moralia*. Vol. 11. Trans. H Cherniss and WC Helmbold. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1957: 1–223.
Polanyi, Michael. *Personal Knowledge: Towands a Post-critical Philosophy*. Chicago: University of Chicago Press, 1958.
Pomata, Gianna. 'Observation Rising: Birth of an Epistemic Genre, 1500–1650'. In *Histories of Scientific Observation*. Ed. E Lunbeck and LJ Daston. Chicago: University of Chicago Press, 2011: 44–80.
Poovey, Mary. *A History of the Modern Fact: Problems of Knowledge in the Sciences of Wealth and Society*. Chicago: University of Chicago Press, 1998.
Popkin, Richard H. *The History of Scepticism from Erasmus to Spinoza*. Berkeley: University of California Press, 1979.
Popper, Karl Raimund. *The Logic of Scientific Discovery*. London: Hutchinson, 1959.
———. *Objective Knowledge: An Evolutionary Approach*. Oxford: Clarendon Press, 1972.
———. *The Open Society and Its Enemies*. London: Routledge, 1945.
Popplow, Marcus. 'Setting the World Machine in Motion: The Meaning of *Machina mundi* in the Middle Ages and the Early Modern Period'. In *Mechanics and Cosmology in the Medieval and Early Modern Period*. Ed. M Bucciantini, M Camerota and S Roux. Florence: LS Olschki, 2007: 45–70.
Porter, Roy. 'The Scientific Revolution: A Spoke in the Wheel?' In *Revolution in History*. Cambridge: Cambridge University Press, 1986: 290–316.
———. 'The Scientific Revolution and Universities'. In *A History of the Univer-*

sity in Europe. 4 vols. Vol. 2. Ed. W Rüegg. Cambridge: Cambridge University Press, 1996: 531–62.

Post, Heinz R. 'Correspondence, Invariance and Heuristics: In Praise of Conservative Induction'. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 2 (1971): 213–55.

Powell, Thomas. *The Passionate Poet. With a Description of the Thracian Ismarus. By T. P.* London: Valentine Simmes, 1601.
Power, Henry. *Experimental Philosophy, in Three Books Containing New Experiments Microscopical, Mercurial, Magnetical.* London: J Martin, 1664.
Powers, John C. '*Ars sine arte*: Nicholas Lemery and the End of Alchemy in Eighteenth-century France'. *Ambix* 45 (1998): 163–89.
Principe, Lawrence M. 'Alchemy Restored'. *Isis* 102 (2011): 305–12.
———. *The Aspiring Adept: Robert Boyle and His Alchemical Quest.* Princeton: Princeton University Press, 1998.
———. 'Georges Pierre des Clozets, Robert Boyle, the Alchemical Patriarch of Antioch, and the Reunion of Christendom: Further New Sources'. *Early Science and Medicine* 9 (2004): 307–20.
———. *The Scientific Revolution: A Very Short Introduction.* Oxford: Oxford University Press, 2011.
Principe, Lawrence M and Lloyd DeWitt. *Transmutations: Alchemy in Art.* Philadelphia: Chemical Heritage Foundation, 2002.
Pritchard, Duncan. 'Epistemic Relativism, Epistemic Incommensurability and Wittgensteinian Epistemology'. In *Blackwell Companion to Relativism.* Ed. S Hales. Oxford: Blackwell, 2010: 266–85.
Proclus and Euclid. *In primum Euclidis elementorum librum commentariorum.* Ed. F Barozzi. Padua: G Perchacinus, 1560.
Psillos, Stathis. *Scientific Realism: How Science Tracks Truth.* London: Routledge, 1999.
Pugliese PJ. 'The Scientific Achievement of Robert Hooke: Method and Mechanics'. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1982.
Pumfrey, Stephen. 'Harriot's Maps of the Moon: New Interpretations'. *Notes and Records of the Royal Society* 63 (2009): 163–8.
———. *Latitude: The Magnetic Earth.* Cambridge: Icon, 2001.
———. '"*O tempora, O magnes*!" A Sociological Analysis of the Discovery of Secular Magnetic Variation in 1634'. *British Journal for the History of Science* 22 (1989): 181–214.
———. 'The Selenographia of William Gilbert: His Pre-telescopic Map of the Moon and His Discovery of Lunar Libration'. *Journal for the History of Astronomy* 42 (2011): 193–203.
———. '"Your Astronomers and Ours Differ Exceedingly": The Controversy over the "New Star" of 1572 in the Light of a Newly Discovered Text by Thomas Digges'. *British Journal for the History of Science* 44 (2011): 29–60.
Pumfrey, Stephen, Paul Rayson and John Mariani. 'Experiments in 17th-century

English: Manual versus Automatic Conceptual History'. *Literary and Linguistic Computing* 27 (2012): 395–408.
Purs, Ivo. '*Anselmus Boëtius de Boodt, Pansophie und Alchemie*'. *Acta Comeniana* 18 (2004): 43–90.

Putnam, Hilary. *Meaning and the Moral Sciences.* London: Routledge & Kegan Paul, 1978.

———. *Mind, Language and Reality.* Cambridge: Cambridge University Press, 1975.

Quine, Willard Van Orman. 'A Comment on Grünbaum's Claim'. In *Can Theories be Refuted?* Ed. SG Harding. Dordrecht: D Reidel, 1976: 132.

———. 'Main Trends in Recent Philosophy: Two Dogmas of Empiricism'. *Philosophical Review* 60 (1951): 20–43.

Quintilian, Marcus Fabius. *The Orator's Education.* Ed. DA Russell. 5 vols. Vol. 2. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2001.

Rabb, Theodore K. 'Religion and the Rise of Modern Science'. *Past & Present* 31 (1965): 111–26.

Radelet de Grave, Patricia and D Speiser. '*Le "De magnete" de Pierre de Maricourt. Traduction et commentaire*'. *Revue d'histoire des sciences* 28 (1975): 193–234.

Ragep, F Jamil. 'Copernicus and His Islamic Predecessors: Some Historical Remarks'. *History of Science* 45 (2007): 65–81.

Ramazzini, Bernardino and Robert St Clair. *The Abyssinian Philosophy Confuted, or Telluris theoria Neither Sacred, nor Agreeable to Reason.* London: W Newton, 1697.

Randall, John H. 'The School of Padua and the Emergence of Modern Science'. *Journal of the History of Ideas* 1 (1940): 177–206.

Randles, William Graham Lister. 'The Atlantic in European Cartography and Culture from the Middle Ages to the Renaissance [1992]'. In *Geography, Cartography and Nautical Science in the Renaissance*. Aldershot: Ashgate, 2000: No. 2, 1–28.

———. 'Classical Models of World Geography and Their Transformation Following the Discovery of America'. In *The Classical Tradition and the Americas, Vol. 1: European Images of the Americas and the Classical Tradition.* Ed. W Haase and M Reinhold. Berlin: Walter de Gruyter, 1994: 5–76.

———. 'The Evaluation of Columbus' "India" Project by Portuguese and Spanish Cosmographers in the Light of the Geographical Science of the Period'. *Imago mundi* 42 (1990): 50–64.

———. *Geography, Cartography and Nautical Science in the Renaissance*. Aldershot: Ashgate, 2000.

———. '*Le Nouveau Monde, l'autre monde et la pluralité des mondes*' [1961]. In *Geography, Cartography and Nautical Science in the Renaissance*. Aldershot: Ashgate, 2000: No. 15, 1–39.

———. *De la Terre plate au globe terrestre: Une mutation épistémologique rapide (1480–1520)*. Paris: A Colin, 1980.

———. *The Unmaking of the Medieval Christian Cosmos, 1500–1760: From Solid Heavens to Boundless Æther*. Aldershot: Ashgate, 1999.
Ranea, Alberto Guillermo. 'Theories, Rules and Calculations: Denis Papin Before and After the Controversy with G. W. Leibniz'. In *Der Philosoph im U-Boot*.

Ed. M. Kempe. Hanover: Gottfried Willhelm Leibniz Bibliothek, 2015: 59–83.

Rapin, René. *Reflexions upon Ancient and Modern Philosophy.* London: W Cademan, 1678.

Ravetz, Jerry and Richard S Westfall. 'Marxism and the History of Science'. *Isis* 72 (1981): 393–405.

Rawson, Michael. 'Discovering the Final Frontier: The Seventeenth-century Encounter with the Lunar Environment'. *Environmental History* 20 (2015): 194–216.

Ray, Meredith K. *Daughters of Alchemy: Women and Scientific Culture in Early Modern Italy.* Cambridge, Mass., Harvard University Press, 2015.

Raynaud, Dominique. *L'Hypothèse d'Oxford: Essai sur les origines de la perspective*. Paris: Presses Universitaires de France, 1998.

Redondi, Pietro. '*La nave di Bruno e la pallottola di Galileo: Uno studio di iconografia della fisica*'. In *Il piacere del testo: saggi e studi per Albano Biondi,* Vol. 2. Ed. A Prosperi. Rome: Bulzoni, 2001: 285–363.

Reiss, Timothy J and Roger H Hinderliter. 'Money and Value in the Sixteenth Century: The *Monete cudende ratio* of Nicholas Copernicus'. *Journal of the History of Ideas* 40 (1979): 293–313.

Rey, Abel, Lucien Febvre and others (eds.). *L'Outillage mental: Pensée, langage, mathématiques*. Paris: Société de gestion de l'Encyclopédie française, 1937.

Rey, Anne-Lise. 'The Controversy between Leibniz and Papin'. In *The Practice of Reason: Leibniz and His Controversies*. Ed. M Dascal. Amsterdam: John Benjamins, 2010: 75–100.

Reynolds, John. *Death's Vision Represented in a Philosophical, Sacred Poem*. London: J Osborn, 1713.

Reynolds, Terry S. *Stronger than a Hundred Men: A History of the Vertical Water Wheel*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1983.

Rheticus, Georg Joachimus. *De libris revolutionum ... Nicolai Copernici ... Narratio Prima*. Gdansk: F Rhodus, 1540.

Righter, Anne. *Shakespeare and the Idea of the Play.* London: Chatto & Windus, 1962.

Riskin, Jessica. 'The Defecating Duck, or The Ambiguous Origins of Artificial Life'. *Critical Inquiry* 29 (2003): 599–633.

Roche, John J. 'Harriot, Galileo and Jupiter's Satellites'. *Archives internationales d'histoire des sciences* 32 (1982): 9–51.

Rohault, Jacques. *Traité de physique*. Paris: C Savreux, 1671.

Rolt, L Tom C and JS Allen. *The Steam Engine of Thomas Newcomen.* Harting-

ton: Moorland, 1977.
Rorty, Richard (ed.). *The Linguistic Turn: Recent Essays in Philosophical Method.* Chicago: University of Chicago Press, 1967.
———. 'Science as Solidarity'. In *Objectivity, Relativism and Truth*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991: 35–45.

———. 'Thomas Kuhn, Rocks and the Laws of Physics'. In *Philosophy and Social Hope*. New York: Penguin Books, 1999: 175–89.

Rose, Paul Lawrence. 'Copernicus and Urbino: Remarks on Bernardino Baldi's *Vita di Niccolò Copernico* (1588)'. *Isis* 65 (1974): 387–89.

Rosen, Edward. 'Copernicus and the Discovery of America'. *The Hispanic American Historical Review* 23 (1943): 367–71.

———. *Copernicus and His Successors*. London: Hambledon Press, 1995.

——— (ed.). *Three Copernican Treatises*. New York: Dover Publications, 1959.

———. 'Was Copernicus a Neoplatonist?' *Journal of the History of Ideas* 44 (1983): 667–9.

Rosen, William. *The Most Powerful Idea in the World: A Story of Steam, Industry and Invention*. New York: Random House, 2010.

Rosenfeld, Sophia A. *Common Sense: A Political History*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2011.

Rosenthal, Earl E. 'The Invention of the Columnar Device of Emperor Charles V at the Court of Burgundy in Flanders in 1516'. *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes* 36 (1973): 198–230.

———. '*Plus ultra, non plus ultra*, and the Columnar Device of Emperor Charles V.' *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes* 34 (1971): 204–28.

Röslin, Helisaeus. *De opere Dei creationis, seu De mundo hypotheses*. Frankfurt: A Wechel, 1597.

Ross, Alexander. *Arcana microcosmi, or The Hid Secrets of Man's Body Discovered*. London: T Newcomb, 1652.

Ross, Sydney. 'Scientist: The Story of a Word'. *Annals of Science* 18 (1962): 65–85.

Rossi, Paolo. *The Birth of Modern Science*. Oxford: Blackwell, 2001.

———. *Philosophy, Technology and the Arts in the Early Modern Era*. Trans. B Nelson. New York: Harper & Row, 1970.

Rotman, Brian. *Signifying Nothing: The Semiotics of Zero*. Stanford: Stanford University Press, 1993.

Roux, Sophie. '*Le Scepticisme et les hypothèses de la physique*'. *Revue de synthèse* 119 (1998): 211–55.

Rowland, Ingrid D. *Giordano Bruno: Philosopher/Heretic*. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2008.

Ruby, Jane E. 'The Origins of Scientific "Law"'. *Journal of the History of Ideas* 47 (1986): 341–59.

Ruestow, Edward G. *The Microscope in the Dutch Republic: The Shaping of Discovery*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
Russell, Bertrand. 'Obituary: Ludwig Wittgenstein'. *Mind* 60 (1951): 297–8.
Russell, Jeffrey Burton. *Inventing the Flat Earth: Columbus and Modern Histor-*

ians. New York: Praeger, 1991.
Russell, JL. 'Kepler's Laws of Planetary Motion: 1609–1666'. *British Journal for the History of Science* 2 (1964): 1–24.
Russo, Lucio. *The Forgotten Revolution: How Science was Born in 300 BC and Why It Had to be Reborn*. Berlin: Springer, 2004.
Rybczynski, Witold. *One Good Turn: A Natural History of the Screwdriver and the Screw*. London: Scribner, 2000.
Ryle, Gilbert. *The Concept of Mind*. London: Hutchinson University Library, 1949.
Sabra, AI. 'The Commentary that Saved the Text'. *Early Science and Medicine* 12 (2007): 117–33.
———. *Theories of Light from Descartes to Newton*. London: Oldbourne, 1967.
Sacrobosco, Johannes de. *Sphaera . . . in usum scholarum*. Leiden: Elzevir, 1647.
———. *Sphaera J. de Sacro Bosco typis auctior quam antehac*. Paris: G Cavellat, 1552.
Sacrobosco, Johannes de, Georg von Peuerbach, and others. *Textus sphaerae Joannis de Sacro Busto*. Venice: J Rubeus, 1508.
Saliba, George. *Islamic Science and the Making of the European Renaissance*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 2007.
Salusbury, Thomas (ed.). *Mathematical Collections and Translations*. London: W Leybourn, 1661.
Sankey, Howard. 'Kuhn's Changing Concept of Incommensurability'. *British Journal for the Philosophy of Science* 44 (1993): 759–74.
———. 'Taxonomic Incommensurability'. *International Studies in the Philosophy of Science* 12 (1998): 7–16.
Sarasohn, Lisa T. 'Nicolas-Claude Fabri de Peiresc and the Patronage of the New Science in the Seventeenth Century'. *Isis* 84 (1993): 70–90.
Sargent, Rose-Mary. *The Diffident Naturalist: Robert Boyle and the Philosophy of Experiment*. Chicago: University of Chicago Press, 1995.
Sarnowsky, Jürgen. 'Concepts of Impetus and the History of Mechanics'. In *Mechanics and Natural Philosophy before the Scientific Revolution*. Ed. WR Laird and S Roux. Dordrecht: Springer, 2008: 121–45.
———. 'The Defence of the Ptolemaic System in Late-Medieval Commentaries on Johannes de Sacrobosco's *De sphaera*'. In *Mechanics and Cosmology in the Medieval and Early Modern Period*. Ed. M Bucciantini, M Camerota and S Roux. Florence: LS Olschki, 2007: 29–44.

Sarpi, Paolo. *Pensieri naturali, metafisici e matematici.* Ed. L Cozzi and L Sosio. Milan: R Ricciardi, 1996.

Sarton, George. *The Study of the History of Science.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1936.

Savery, Thomas. *Navigation Improv'd, or The Art of Rowing Ships of All Rates,*

in Calms, with a More Easy, Swift, and Steady Motion, Than Oars Can. London: J Moxon, 1698.

Sawday, Jonathan. *Engines of the Imagination: Renaissance Culture and the Rise of the Machine*. London: Routledge, 2007.

Scaliger, Joseph Justus. *Opuscula varia ante hac non edita*. Paris: H Beys, 1610.

Scarpa, Antonio. *Réflexions et observations anatomico-chirurgicales sur l'anéurisme*. Paris: Méquignon-Marvis, 1809.

Schaffer, Simon. 'Enlightened Automata'. In *The Sciences in Enlightened Europe*. Ed. W Clark, J Golinski and S Schaffer. Chicago: University of Chicago Press, 1999: 126–65.

———. 'Glass Works: Newton's Prisms and the Uses of Experiment'. In *The Uses of Experiment: Studies in the Natural Sciences*. Ed. D Gooding, TJ Pinch and S Schaffer. Cambridge: Cambridge University Press, 1989: 67–104.

———. 'Godly Men and Mechanical Philosophers: Souls and Spirits in Restoration Natural Philosophy'. *Science in Context* 1 (1987): 53–85.

———. 'Halley's Atheism and the End of the World'. *Notes and Records of the Royal Society of London* 32 (1977): 17–40.

———. 'Machine Philosophy: Demonstration Devices in Georgian Mechanics'. *Osiris* 9 (1994): 157–82.

———. 'Making Up Discovery'. In *Dimensions of Creativity*. Ed. MA Boden. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1994: 13–51.

———. 'Scientific Discoveries and the End of Natural Philosophy'. *Social Studies of Science* 16 (1986): 387–420.

———. 'The Show that Never Ends: Perpetual Motion in the Early Eighteenth Century'. *British Journal for the History of Science* 28 (1995): 157–89.

Schechner, Sara J. 'Between Knowing and Doing: Mirrors and Their Imperfections in the Renaissance'. *Early Science and Medicine* 10 (2005): 137–62.

Schemmel, Matthias. *The English Galileo: Thomas Harriot's Work on Motion*. 2 vols. Dordrecht: Springer, 2008.

Schiebinger, Londa L. *The Mind Has No Sex? Women in the Origins of Modern Science*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1989.

Schimkat, Peter. '*Denis Papin und die Luftpumpe*'. In *Denis Papin: Erfinder und Naturforscher in Hessen-Kassel*. Ed. F Tönsmann and H Schneider. Kassel: Euregioverlag, 2009: 50–67.

Schmitt, Charles B. 'Experience and Experiment: A Comparison of Zabarella's View with Galileo's in *De Motu*'. *Studies in the Renaissance* 16 (1969): 80–138.

Schneider, Christoph. *Disputatio physica de terrae motu*. Wittenberg: J Gorman, 1608

1668.

Schott, Gaspar. *Anatomia physico-hydrostatica fontium ac fluminum libris VI*. Würzburg: JG Schönwetteri, 1663.

———. *Mechanica hydraulico-pneumatica . . . acc. experimentum novum Magdeburgicum, quo vacuum alij stabilire, alij evertere conantur* . . . Frankfurt: JG

Schönwetteri, 1657.
Schüssler, Rudolf. 'Jean Gerson, Moral Certainty and the Renaissance of Ancient Scepticism'. *Renaissance Studies* 23 (2009): 445–62.
Schuster, John A. 'Cartesian Physics'. In *Oxford Handbook of the History of Physics*. Ed. JZ Buchwald and R Fox. Oxford: Oxford University Press, 2013: 56–95.
———. *Descartes-agonistes: Physico-mathematics, Method and Corpuscular-mechanism, 1618–33*. Dordrecht: Springer, 2013.
———. '"Waterworld": Descartes' Vortical Celestial Mechanics'. In *The Science of Nature in the Seventeenth Century*. Ed. PR Anstey and JA Schuster. Dordrecht: Springer, 2005: 35–79.
Schuster, John A and Judit Brody. 'Descartes and Sunspots: Matters of Fact and Systematizing Strategies in the *Principia philosophiae*'. *Annals of Science* 70 (2013): 1–45.
Schuster, John A and Alan BH Taylor. 'Blind Trust: The Gentlemanly Origins of Experimental Science'. *Social Studies of Science* 27 (1997): 503–36.
Screech, Michael Andrew (ed.). *Montaigne's Annotated Copy of Lucretius: A Transcription and Study of the Manuscript, Notes and Pen-marks*. Geneva: Droz, 1998.
Searle, John R. *The Construction of Social Reality*. New York: Free Press, 1995.
Secord, James A. 'Knowledge in Transit'. *Isis* 95 (2004): 654–72.
———. *Visions of Science: Books and Readers at the Dawn of the Victorian Age*. Oxford: Oxford University Press, 2014.
Segre, Michael. 'Torricelli's Correspondence on Ballistics'. *Annals of Science* 40 (1983): 489–99.
Sen, SN. 'Al-Biruni on the Determination of Latitudes and Longitudes in India'. *Indian Journal of History of Science* 10 (1975): 185–97.
Seneca. *Seneca's Morals Abstracted*. Ed. R L'Estrange. London: T Newcomb, 1679.
Serene, Eileen F. 'Robert Grosseteste on Induction and Demonstrative Science'. *Synthèse* 40 (1979): 97–115.
Serjeantson, Richard. 'Francis Bacon and the "Interpretation of Nature" in the Late Renaissance'. *Isis* 105 (2014): 681–705.
———. 'Testimony and Proof in Early-modern England'. *Studies in History and Philosophy of Science* 30 (1999): 195–236.
Serlio, Sebastiano. *Libro primo [-quinto] d'architettura*. Venice: Sessa Fratelli, 1559.
Serrano, Juan D. 'Trying Ursus: A Reappraisal of the Tycho–Ursus Priority Dis-

pute'. *Journal for the History of Astronomy* 44 (2013): 17–46.
Severinus, Petrus. *Idea medicinae philosophicae, fundamenta continens totius doctrinae Paracelsicae, Hippocraticae, & Galenicae*. Basle: S Henricpetrus, 1571.
Sewell, Keith C. 'The "Herbert Butterfield Problem" and its Resolution'. *Journal of the History of Ideas* 64 (2003): 599–618.

Shank, John Bennett. *The Newton Wars and the Beginning of the French Enlightenment*. Chicago: University of Chicago Press, 2008.

———. 'What Exactly was Torricelli's Barometer?' In *Science in the Age of Baroque*. Ed. O Gal and R Chen-Morriz. Dordrecht: Springer, 2012: 161–95.

Shank, Michael H. 'Mechanical Thinking in European Astronomy (13th–15th Centuries)'. In *Mechanics and Cosmology in the Medieval and Early Modern Period*. Ed. M Bucciantini, M Camerota and S Roux. Florence: LS Olschki, 2007: 3–27.

———. 'Setting Up Copernicus? Astronomy and Natural Philosophy in Giambattista Capuano da Manfredonia's *Expositio* on the Sphere'. *Early Science and Medicine* 14 (2009): 290–315.

Shapere, Dudley. 'The Structure of Scientific Revolutions'. *Philosophical Review* 73 (1964): 383–94.

Shapin, Steven. 'Cordelia's Love: Credibility and the Social Studies of Science'. *Perspectives on Science* 3 (1995): 255–75.

———. 'History of Science and Its Sociological Reconstructions'. *History of Science* 20 (1982): 157–211.

———. 'How to be Antiscientific'. In *Never Pure: Historical Studies of Science.* Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2010: 32–46.

———. 'The Invisible Technician'. *American Scientist* 77 (1989): 554–63.

———. 'Possessed by the Idols'. *London Review of Books*, 30 November 2006.

———. 'Pump and Circumstance: Robert Boyle's Literary Technology'. *Social Studies of Science* 14 (1984): 481–520.

———. 'Robert Boyle and Mathematics: Reality, Representation and Experimental Practice'. *Science in Context* 2 (1988): 23–58.

———. *The Scientific Revolution.* Chicago: University of Chicago Press, 1996.

———. *A Social History of Truth: Civility and Science in Seventeenth-century England*. Chicago: University of Chicago Press, 1994.

———. 'Understanding the Merton Thesis'. *Isis* 79 (1988): 594–605.

———. 'A View of Scientific Thought'. *Science* 207 (1980): 1065–6.

Shapin, Steven and Simon Schaffer. *Leviathan and the Air–pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life*. Princeton: Princeton University Press, 1985.

Shapiro, Alan E. 'The Gradual Acceptance of Newton's Theory of Light and Color, 1672–1727'. *Perspectives on Science* 4 (1996): 59–140.

———. 'Introduction'. In *The Optical Papers of Isaac Newton: The Optical Lectures 1670–1672*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984: 1–25.

Shapiro, Barbara J. 'The Concept "Fact": Legal Origins and Cultural Diffusion'. *Albion* 26 (1994): 1–25.

———. *A Culture of Fact: England, 1550–1720*. Ithaca: Cornell University Press, 2000.
———. *John Wilkins, 1614–1672: An Intellectual Biography*. Berkeley: University of California Press, 1969.

Sharratt, Michael. *Galileo: Decisive Innovator.* Oxford: Blackwell, 1994.

Shaw, Peter. *A Treatise of Incurable Diseases.* London: J Roberts, 1723.

Shea, James H. 'Ole Rømer, the Speed of Light, the Apparent Period of Io, the Doppler Effect and the Dynamics of Earth and Jupiter'. *American Journal of Physics* 66 (1998): 561–9.

Shea, William R. *Designing Experiments and Games of Chance: The Unconventional Science of Blaise Pascal.* Canton, MA: Science History Publications, 2003.

———. *Galileo's Intellectual Revolution: Middle Period, 1610–1632.* New York: Science History Publications, 1972.

Sheppard, Samuel. *The Honest Lawyer.* London: Woodruffe, 1616.

Shirley, John William. *Thomas Harriot, a Biography.* Oxford: Clarendon Press, 1983.

Sills, David L and Robert K Merton. *International Encyclopedia of the Social Sciences: Social Science Quotations.* New York: Macmillan, 1991.

Simek, Rudolf. *Heaven and Earth in the Middle Ages: The Physical World before Columbus.* Woodbridge: Boydell Press, 1996.

Singer, Charles Joseph, A Rupert Hall and others. *A History of Technology.* 8 vols. Oxford: Clarendon Press, 1954–84.

Singer, Dorothea Waley and Giordano Bruno. *Giordano Bruno, His Life and Thought. With Annotated Translation of His Work on the Infinite Universe and Worlds.* New York: Schuman, 1950.

Siraisi, Nancy G. *Communities of Learned Experience: Epistolary Medicine in the Renaissance.* Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2013.

———. *Taddeo Alderotti and His Pupils: Two Generations of Italian Medical Learning.* Princeton: Princeton University Press, 1981.

Skinner, Quentin. 'Classical Liberty and the Coming of the English Civil War'. In *Republicanism: A Shared European Heritage.* 2 vols. Vol. 2. Ed. M van Gelderen and Q Skinner. Cambridge: Cambridge University Press, 2002: 9–28.

———. 'Meaning and Understanding in the History of Ideas'. *History and Theory* 8 (1969): 3–53.

———. *Reason and Rhetoric in the Philosophy of Hobbes.* Cambridge: Cambridge University Press, 1996.

———. *Visions of Politics.* 3 vols. Vol. 1: *Regarding Method.* Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

Slack, Paul. 'Government and Information in Seventeenth-century England'. *Past and Present* 184 (2004): 33–68.

———. 'Measuring the National Wealth in Seventeenth-century England'. *Economic History Review* 57 (2004): 607–35.

Slezak, Peter. 'A Second Look at David Bloor's *Knowledge and Social Imagery*'. *Philosophy of the Social Sciences* 24 (1994): 336–61.

Smeaton, John. *An Experimental Enquiry Concerning the Natural Powers of Water and Wind to Turn Mills*. London: [n.p.], 1760.

Smith, Alan. 'A New Way of Raising Water by Fire: Denis Papin's Treatise of 1707 and Its Reception by Contemporaries'. *History of Technology* 20 (1998): 139–81.

Smith, AM. 'Knowing Things Inside Out: The Scientific Revolution from a Medieval Perspective'. *American Historical Review* 95 (1990): 726–44.

Smith, Margaret M. 'Printed Foliation: Forerunner to Printed Page-numbers?' *Gutenberg Jahrbuch* 63 (1988): 54–70.

Smith, Pamela H. 'Art, Science and Visual Culture in Early Modern Europe'. *Isis* 97: 83–100 (2006).

———. *The Body of the Artisan: Art and Experience in the Scientific Revolution*. Chicago: University of Chicago Press, 2006.

———. *The Business of Alchemy: Science and Culture in the Holy Roman Empire*. Princeton: Princeton University Press, 1994.

———. 'Science on the Move: Recent Trends in the History of Early Modern Science'. *Renaissance Quarterly* 62 (2009): 345–75.

Smith, Robert W. 'The Cambridge Network in Action: The Discovery of Neptune'. *Isis* 80 (1989): 395–422.

Snell, Bruno. 'The Forging of a Language for Science in Ancient Greece'. *Classical Journal* 56 (1960): 50–60.

———. 'The Origin of Scientific Thought'. In *The Discovery of the Mind: The Greek Origins of European Thought*. Trans. T Rosenmeyer. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1953: 227–45.

Snobelen, Stephen D. '"God of Gods, and Lord of Lords": The Theology of Isaac Newton's General *Scholium* to the *Principia*'. *Osiris* 16 (2001): 169–208.

———. 'Isaac Newton, Heretic: The Strategies of a Nicodemite'. *British Journal for the History of Science* 32 (1999): 381–419.

———. 'The Myth of the Clockwork Universe'. In *The Persistence of the Sacred in Modern Thought*. Ed. CL Firestone and N Jacobs. Notre Dame: University of Notre Dame Press, 2012: 49–184.

———. 'William Whiston, Isaac Newton and the Crisis of Publicity'. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 35 (2004): 573–603.

Snow, Charles Percy. *The Two Cultures and the Scientific Revolution*. Cambridge: Cambridge University Press, 1959.

Snow, Vernon F. 'The Concept of Revolution in Seventeenth-century England'. *Historical Journal* 5 (1962): 167–74.

Sobel, Dava. *Longitude: The True Story of a Lone Genius Who Solved the Greatest Scientific Problem of His Time*. New York: Walker, 1995.

Sokal, Alan D. *Beyond the Hoax: Science, Philosophy and Culture*. Oxford:

Oxford University Press, 2008.
Soll, Jacob. *The Reckoning: Financial Accountability and the Making and Breaking of Nations*. London: Allen Lane, 2014.
Spencer, John. *A Discourse Concerning Prodigies*. Cambridge: W Graves, 1663.

Sprat, Thomas. *The History of the Royal-Society of London*. London: J Martyn, 1667.
Stabile, Giorgio. '*Il concetto di esperienza in Galilei e nella scuola galileiana*'. In *Experientia*. Ed. M Veneziani. Florence: LS Olschki, 2002: 217–41.
Standage, Tom. *The Turk: The Life and Times of the Famous Eighteenth-century Chess-playing Machine*. New York: Walker, 2002.
Stanford, P Kyle. *Exceeding Our Grasp: Science, History and the Problem of Unconceived Alternatives*. Oxford: Oxford University Press, 2010.
Starkey, George. *Alchemical Laboratory Notebooks and Correspondence*. Ed. WR Newman and L Principe. Chicago: University of Chicago Press, 2004.
———. *Nature's Explication and Helmont's Vindication*. London: T Alsop, 1657.
Steele, Brett D. 'Muskets and Pendulums: Benjamin Robins, Leonhard Euler and the Ballistics Revolution'. *Technology and Culture* 35 (1994): 348–82.
Stein, Gertrude. *Everybody's Autobiography*. New York: Random House, 1937.
Steinle, F. 'Negotiating Experiment, Reason and Theology: The Concept of Laws of Nature in the Early Royal Society'. In *Ideals and Cultures of Knowledge in Early Modern Europe*. Ed. W Detel and K Zittel. Berlin: Akademie Verlag, 2002: 197–212.
Steinle, F and Friedel Weinert. 'The Amalgamation of a Concept: Laws of Nature in the New Sciences'. In *Laws of Nature: Essays on the Philosophical, Scientific and Historical Dimensions*. Berlin: Walter de Gruyter, 1995: 316–68.
Stewart, Larry. 'A Meaning for Machines: Modernity, Utility and the Eighteenth-century British Public'. *Journal of Modern History* 70 (1998): 259–94.
———. *The Rise of Public Science: Rhetoric, Technology and Natural Philosophy in Newtonian Britain, 1660–1750*. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.
Stigler, Stephen M. 'John Craig and the Probability of History: From the Death of Christ to the Birth of Laplace'. *Journal of the American Statistical Association* 81 (1986): 879–87.
———. 'Stigler's Law of Eponymy'. *Transactions of the New York Academy of Sciences* 39 (1980): 147–57.
Stone, Lawrence. *The Causes of the English Revolution, 1529–1642*. New York: Harper & Row, 1972.
Stubbe, Henry. *An Epistolary Discourse Concerning Phlebotomy*. London: [s.n.], 1671.
Stubbes, John. *The Discoverie of a Gaping Gulf*. London: W Page, 1579.
Sutton, Clive. '"*Nullius in verba*" and "*nihil in verbis*": Public Understanding of the Role of Language in Science'. *British Journal for the History of Science*

27 (1994): 55–64.
Sutton, Robert B. 'The Phrase *Libertas philosophandi*'. *Journal of the History of Ideas* 14 (1953): 310–16.
Swerdlow, Noel M. 'Copernicus and Astrology, with an Appendix of Translations

of Primary Sources'. *Perspectives on Science* 20 (2012): 353–78.
———. 'The Derivation and First Draft of Copernicus's Planetary Theory: A Translation of the *Commentariolus* with Commentary'. *Proceedings of the American Philosophical Society* 117 (1973): 423–512.
———. 'An Essay on Thomas Kuhn's First Scientific Revolution: *The Copernican Revolution*'. *American Philosophical Society Proceedings* 141 (2004): 64–120.
———. 'Montucla's Legacy: The History of the Exact Sciences'. *Journal of the History of Ideas* 54 (1993): 299–328.
———. '*Urania propitia, tabulae rudophinae faciles redditae a Maria Cunitia* [Beneficent Urania, the Adaptation of the Rudolphine Tables by Maria Cunitz]'. In *A Master of Science History*. Ed. JZ Buchwald. Dordrecht: Springer, 2012: 81–121.
Swift, Jonathan. *Gulliver's Travels*. Ed. D Womersley. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.
———. *On Poetry: A Rhapsody*. London: J Huggonson, 1733.
———. *A Tale of a Tub and Other Works*. Ed. M Walsh. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
Tachau, Katherine H. *Vision and Certitude in the Age of Ockham*. Leiden: EJ Brill, 1988.
Taisnier, Jean. *Opusculum perpetua memoria dignissimum: De natura magnetis, et eius effectibus*. Cologne: J Birckmannus, 1562.
Tanturli, Giuliano. '*Rapporti del Brunelleschi con gli ambienti letterari fiorentini*'. In *Filippo Brunelleschi: La sua opera e il suo tempo*. Ed. G Soadolini. Florence: Centro Di, 1980: 125–44.
Tarrant, Neil. 'Giambattista della Porta and the Roman Inquisition'. *British Journal for the History of Science* 46 (2013): 601–25.
Tassoni, Alessandro. *Dieci libri di pensieri diversi*. Venice: MA Brogiollo, 1627.
Taylor, Eva Germaine Rimington. *The Haven-finding Art: A History of Navigation from Odysseus to Captain Cook*. New York: American Elsevier, 1971.
———. *The Mathematical Practitioners of Tudor and Stuart England*. Cambridge: Cambridge University Press, 1954.
Tedeschi, John. 'The Roman Inquisition and Witchcraft: An Early-seventeenth-century "Instruction" on Correct Trial Procedure'. *Revue de l'histoire des religions* 200 (1983): 163–88.
Temple, William. *Miscellanea. The Third Part: Containing: I. An Essay on Popular Discontents. II. A Defense of the Essay upon Antient and Modern Learning: With Some Other Pieces*. Ed. J Swift. London: B Tooke, 1701.

With Some Other Pieces. Ed. J Swift. London: B Tooke, 1701.

Thomas, Keith. *The Ends of Life: Roads to Fulfilment in Early Modern England*. Oxford: Oxford University Press, 2009.

———. *Religion and the Decline of Magic: Studies in Popular Beliefs in Sixteenth- and Seventeenth-century England*. London: Weidenfeld & Nicolson, 1997.

Thoren, Victor E. *Lord of Uraniborg: A Biography of Tycho Brahe*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

Thorndike, Lynn. *A History of Magic and Experimental Science*. 8 vols. New York: Columbia University Press, 1923–58.

———. 'Newness and Craving for Novelty in Seventeenth-century Science and Medicine'. *Journal of the History of Ideas* 12 (1951): 584–58.

———. *Science and Thought in the Fifteenth Century.* New York: Columbia University Press, 1929.

———. *The Sphere of Sacrobosco and Its Commentators.* Chicago: University of Chicago Press, 1949.

Tilling, Laura. 'Early Experimental Graphs'. *British Journal for the History of Science* 8 (1975): 193–213.

de Tocqueville, Alexis. *The Old Regime and the Revolution.* Trans. J Bonner. New York: Harper & Brothers, 1856.

Tolomei, Claudio, Lodovico Guicciardini and Giovanni Botero. *Tre discorsi appartenenti alla grandezza delle citta.* Rome: G Maratinelli, 1588.

Tönsmann, Frank. '*Wasserbauten und Schifffahrt in Hessen um 1700 und die Forschungen von Papin*'. In *Denis Papin: Erfinder und Naturforscher in Hessen-Kassel*. Ed. F Tönsmann and H Schneider. Kassel: Euregioverlag, 2009: 89–103.

Tönsmann, Frank and Helmuth Schneider (eds.). *Denis Papin: Erfinder und Naturforscher in Hessen-Kassel.* Kassel: Euregioverlag, 2009.

Topdemir, Hüseyin Gazi. 'Kamal al-Din al-Farisi's Explanation of the Rainbow'. *Humanity and Social Sciences Journal* 2 (2007): 75–85.

Toscano, Fabio. *La formula segreta: Tartaglia, Cardano e il duello matematico che infiammò l'Italia del Rinascimento*. Milan: Sironi, 2009.

Tosh, Nick. 'Anachronism and Retrospective Explanation: In Defence of a Present-centred History of Science'. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 34 (2003): 647–59.

Trenchard, John and Thomas Gordon. *Cato's Letters, or Essays on Liberty, Civil and Religious, and Other Important Subjects.* Ed. R Hamowy. 4 in 2 vols. Vol. 3. Indianapolis: Liberty Fund, 1995.

Trevor-Roper, Hugh R. 'Nicholas Hill, the English Atomist'. In *Catholics, Anglicans and Puritans: Seventeenth-century Essays.* London: Secker & Warburg, 1987: 1–39.

———. 'The Religious Origins of the Enlightenment'. In *Religion, the Reformation and Social Change.* London: Macmillan, 1967: 193–236.

Trompf, Garry Winston. *The Idea of Historical Recurrence in Western Thought from*

Trompf, Garry Winston. *The Idea of Historical Recurrence in Western Thought from Antiquity to the Reformation.* Berkeley: University of California Press, 1979.
Trutfetter, Jodocus. *Summa in tota[m] physicen: Hoc est philosophiam naturalem conformiter siquidem ver[a]e sophi[a]e: que est theologia.* Erfurt: M Maler, 1514.

———. *Summa philosophiae naturalis contracta*. Erfurt: M Maler, 1517.

Tuck, Richard. *Natural Rights Theories: Their Origin and Development.* Cambridge: Cambridge University Press, 1979.

———. 'Optics and Sceptics: The Philosophical Foundations of Hobbes's Political Thought'. In *Conscience and Casuistry in Early Modern Europe*. Ed. E Leites. Cambridge: Cambridge University Press, 1988: 235–63.

Tunstall, Kate E and Denis Diderot. *Blindness and Enlightenment: An Essay.* New York: Continuum, 2011.

Turgot, Anne-Robert-Jacques. *Turgot on Progress, Sociology and Economics: A Philosophical Review of the Successive Advances of the Human Mind on Universal History [and] Reflections on the Formation and the Distribution of Wealth*. Ed. RL Meek. Cambridge: Cambridge University Press, 1973.

Ugaglia, M. 'The Science of Magnetism before Gilbert: Leonardo Garzoni's Treatise on the Loadstone'. *Annals of Science* 63 (2006): 59–84.

Valente, Michaela. *'Della Porta e l'Inquisizione: Nuove documenti dell'archivo del Sant' Uffizio'*. *Bruniana e Campanelliana* 5 (1999): 415–34.

Valenza, Robin. *Literature, Language and the Rise of the Intellectual Disciplines in Britain, 1680–1820*. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

Vallisneri, Antonio. '*Lezione accademica intorno all'origine delle fontane*'. In *Opere diverse*. Venice: Ertz, 1715.

Vanini, Giulio Cesare. *De admirandis naturae reginae deaeque mortalium arcanis*. Paris: A Perier, 1616.

Vasari, Giorgio. *The Lives of the Artists*. *A Selection*. Trans. G Bull. Harmondsworth: Penguin Books, 1965.

Vaughan, MF. 'An Unnoted Translation of Erasmus in Ascham's *Schoolmaster*'. *Modern Philology* 75 (1977): 184–6.

Vergil, Polydore. *An Abridgeme[n]t of the Notable Worke of Polidore Virgile: Conteignyng the Devisers and Fyrst Fynders Out*. Trans. T Langley. London: R Grafton, 1546.

———. *On Discovery.* Ed. BP Copenhaver. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2002.

———. *A Pleasant and Compendious History of the First Inventers and Instituters of the Most Famous Arts, Misteries, Laws, Customs and Manners in the Whole World.* Trans. T Langley. London: J Harris, 1686.

———. *The Works of the Famous Antiquary, Polidore Vergil.* London: S Miller, 1663.

Verlinden, Charles. '*Lanzarotto Malocello et la découverte portugaise des Canaries*'. *Revue belge de philologie et d'histoire* 36 (1958): 1173–209.

Vickers, Brian. 'Francis Bacon, Feminist Historiography and the Dominion of Nature'. *Journal of the History of Ideas* 69 (2008): 117–41.
———. 'The "New Historiography" and the Limits of Alchemy'. *Annals of Science* 65 (2008): 127–56.

Vitruvius Pollio, Marcus. *De architectura: libri dece*. Como: G da Ponte, 1521.
———. *Zehen Bücher von der Architectur und Künstlichem Bawen*. Trans. GGH Rivius. Nuremberg: Petreius, 1548.
Vlastos, Gregory. '*Wege und Formen frühgriechischen Denkens* by Hermann Fränkel'. *Gnomon* 31 (1959): 193–204.
Vogel, Klaus A. '*America: Begriff, geographische Konzeption und frühe Entdeckungsgeschichte in der Perspektive der deutschen Humanisten*'. In *Von der Weltkarte zum Kuriositatenkabinett: Amerika im deutschen Humanismus und Barock*. Ed. K Kohut. Frankfurt: Vervuert, 1995: 11–43.
———. 'Cosmography'. In *The Cambridge History of Science*. 7 vols. Vol. 3: *Early Modern Science*. Ed. K Park and LJ Daston. Cambridge: Cambridge University Press, 2006: 469–96.
———. '*Das Problem der relativen Lage von Erd- und Wassersphäre im Mittelalter und die kosmographische Revolution*'. *Mitteilungen der österreichischen Gesellschaft für Wissenschaftsgeschichte* 13 (1993): 103–43.
———. *Sphaera terrae – das mittelalterliche Bild der Erde und die kosmographische Revolution*. Göttingen: University of Göttingen,1995.
Voltaire. *Letters Concerning the English Nation*. London: C Davis, 1733.
———. '*Micromégas*': *A Study in the Fusion of Science, Myth, and Art*. Ed. I Wade. Princeton: Princeton University Press, 1950.
W., G. *The Modern States-man*. London: H Hill, 1653.
Waard, Cornelis de. *L'Expérience barométrique, ses antécédents et ses explications, étude historique* . Thouars: Impr. nouvelle, 1936.
Wagner, David Leslie. *The Seven Liberal Arts in the Middle Ages*. Bloomington: Indiana University Press, 1983.
Waldseemüller, Martin. *The Cosmographiæ introductio of Martin Waldseemüller in Facsimile Followed by the Four Voyages of Amerigo Vespucci, with Their Translation into English*. Ed. CG Herbermann. New York: United States Catholic Historical Society, 1907.
Wallace, Anthony FC. *The Social Context of Innovation: Bureaucrats, Families and Heroes in the Early Industrial Revolution*. Princeton: Princeton University Press, 1982.
Wallis, Helen. 'What Columbus Knew'. *History Today* 42 (1992): 17–23.
Wallis, John. 'An Essay of Dr John Wallis, Exhibiting His Hypothesis about the Flux and Reflux of the Sea'. *Philosophical Transactions* 1 (1666): 263–81.
Walsham, Alexandra. 'The Reformation and "The Disenchantment of the World" Reassessed'. *Historical Journal* 51 (2008): 497–528.

Walton, Steven A. *Wind and Water in the Middle Ages: Fluid Technologies from Antiquity to the Renaissance*. Tempe, AZ: ACMRS, 2006.

Washburn, Wilcomb E. 'The Meaning of "Discovery" in the Fifteenth and Sixteenth Centuries'. *American Historical Review* 68 (1962): 1–21.

Waters, David W. 'Nautical Astronomy and the Problem of Longitude'. In *The*

Uses of Science in the Age of Newton. Ed. JG Burke. Berkeley: University of California Press, 1983: 143–69.
Watson, James D. *The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA*. London: Weidenfeld & Nicolson, 1968.
Weber, Eugen. *Peasants into Frenchmen: The Modernization of Rural France 1870–1914*. Stanford: Stanford University Press, 1976.
Weber, Max. *The Vocation Lectures*. Ed. TB Strong and DS Owen. Trans. R Livingstone. Indianapolis: Hackett, 2004.
Webster, Charles. 'The Discovery of Boyle's Law, and the Concept of the Elasticity of Air in the Seventeenth Century'. *Archive for History of Exact Sciences* 2 (1965): 441–502.
———. *The Great Instauration: Science, Medicine and Reform, 1626–1660*. London: Duckworth, 1975.
———. 'Henry More and Descartes, Some New Sources'. *British Journal for the History of Science* 4 (1969): 359–77.
———. 'Henry Power's Experimental Philosophy'. *Ambix* 14 (1967): 150–78.
——— (ed.). *The Intellectual Revolution of the Seventeenth Century*. London: Routledge & Kegan Paul, 1974.
———. 'New Light on the Invisible College: The Social Relations of English Science in the Mid-seventeenth Century'. *Transactions of the Royal Historical Society (Fifth Series)* 24 (1974): 19–42.
———. 'William Harvey's Conception of the Heart as a Pump'. *Bulletin of the History of Medicine* 39 (1965): 508–17.
Webster, John. *The Displaying of Supposed Witchcraft*. London: JM, 1677.
Weeks, Sophie. 'Francis Bacon and the Art–Nature Distinction'. *Ambix* 54 (2007): 117–45.
———. 'The Role of Mechanics in Francis Bacon's *Great Instauration*'. In *Philosophies of Technology: Francis Bacon and His Contemporaries*. Ed. C Zittel, G Engel, R Nanni and N Karafyllis. Leiden: Brill, 2008: 133–97.
Weinberg, Steven. *To Explain the World: The Discovery of Modern Science*. 2015.
———. 'Sokal's Hoax'. *New York Review of Books*, 8 August 1996.
Weiner, Stephen A. 'The Civil Jury Trial and the Law–Fact Distinction'. *California Law Review* 54 (1966): 1867–938.
Weld, Charles Richard. *A History of the Royal Society, with Memories of the Presidents*. 2 vols. London: JW Parker, 1848.
Wengenroth, Ulrich. 'Science, Technology and Industry'. In *From Natural Philosophy to the Sciences: Writing the History of Nineteenth-century Science*. Ed. D Cahan. Chicago: University of Chicago Press, 2003: 221–53.

Wesley, Walter G. 'The Accuracy of Tycho Brahe's Instruments'. *Journal for the History of Astronomy* 9 (1978): 42–53.

Westfall, Richard S. 'The Development of Newton's Theory of Color'. *Isis* (1962): 339–58.

———. *Never at Rest: A Biography of Isaac Newton*. Cambridge: Cambridge University Press, 1980.

———. 'Newton and the Fudge Factor'. *Science* 179 (1973): 751–8.

———. 'Science and Technology during the Scientific Revolution: An Empirical Approach'. In *Renaissance and Revolution. Humanists, Scholars, Craftsmen and Natural Philosophers in Early Modern Europe*. Ed. JV Field and FA James. Cambridge: Cambridge University Press, 1997: 63–72.

———. 'The Scientific Revolution Reasserted'. In *Rethinking the Scientific Revolution*. Ed. M Osler. Cambridge: Cambridge University Press, 2000: 41–55.

———. 'Unpublished Boyle Papers Relating to Scientific Method: I'. *Annals of Science* 12 (1956): 63–73.

Westman, Robert S. *The Copernican Question: Prognostication, Skepticism and Celestial Order*. Berkeley: University of California Press, 2011.

———. 'The Copernican Question Revisited: A Reply to Noel Swerdlow and John Heilbron'. *Perspectives on Science* 21 (2013): 100–36.

Westman, Robert S and JE McGuire. *Hermeticism and the Scientific Revolution*. Los Angeles: William Andrews Clark Memorial Library, 1977.

Westrum, Ron. 'Science and Social Intelligence about Anomalies: The Case of Meteorites'. *Social Studies of Science* 8 (1978): 461–93.

Whewell, William. 'On the Connexion of the Physical Sciences'. *Quarterly Review* 51 (1834): 54–68.

———. *The Philosophy of the Inductive Sciences, Founded upon Their History*. 2 vols. London: John W Parker, 1840.

White, Gilbert. *The Natural History and Antiquities of Selborne, in the County of Southampton*. London: B White, 1789.

White, John. *The Birth and Rebirth of Pictorial Space*. Cambridge, Mass.: Belknap Press, 1987.

White, Lynn Townsend. 'The Medieval Roots of Modern Technology and Science' [1963]. In *Medieval Religion and Technology: Collected Essays*. Berkeley: University of California Press, 1978: 75–91.

Whitley, Richard. 'Black Boxism and the Sociology of Science: A Discussion of the Major Developments in the Field'. *Sociological Review* 18 (1970): 61–92.

Wierzbicka, Anna. *Experience, Evidence and Sense: The Hidden Cultural Legacy of English*. Oxford: Oxford University Press, 2010.

Wigelsworth, Jeffrey R. *Selling Science in the Age of Newton: Advertising and the Commoditization of Knowledge*. Farnham: Ashgate, 2011.

Wilding, Nick. *Galileo's Idol: Gianfrancesco Sagredo and the Politics of Knowledge*. Chicago: University of Chicago Press, 2014.
———. 'The Return of Thomas Salusbury's Life of Galileo (1664)'. *British Journal for the History of Science* 41 (2008): 241–65.
Wilkins, John. *A Discourse Concerning a New World and Another Planet.*

London: J Maynard, 1640.
———. *An Essay towards a Real Character, and a Philosophical Language*. London: S Gellibrand, 1668.
———. *Mathematicall Magick*. London: S Gellibrand, 1648.
———. *Of the Principles and Duties of Natural Religion*. London: T Basset, 1675.
Williams, Bernard. *Essays and Reviews, 1959–2002*. Princeton: Princeton University Press, 2014.
———. 'Wittgenstein and Idealism'. *Royal Institute of Philosophy Lectures* 7 (1973): 76–95.
Williams, Glyndwr. *Voyages of Delusion: The Quest for the Northwest Passage*. New Haven: Yale University Press, 2002.
Willmoth, Frances. 'Römer, Flamsteed, Cassini and the Speed of Light'. *Centaurus* 54 (2012): 39–57.
Wilson, Adrian and Timothy G Ashplant. 'Whig History and Present-centred History'. *Historical Journal* 31 (1988): 1–16.
Wilson, Bryan R (ed.). *Rationality*. Oxford: Blackwell, 1970.
Wilson, Catherine. *The Invisible World: Early Modern Philosophy and the Invention of the Microscope*. Princeton: Princeton University Press, 1995.
———. 'From Limits to Laws: The Construction of the Nomological Image of Nature in Early Modern Philosophy'. In *Natural Law and Laws of Nature in Early Modern Europe*. Ed. LJ Daston and M Stolleis. Farnham: Ashgate, 2008: 13–28.
Wilson, Curtis A. 'From Kepler's Laws, So-called, to Universal Gravitation: Empirical Factors'. *Archive for History of Exact Sciences* 6 (1970): 89–170.
Wilson, G. 'On the Early History of the Air-pump in England'. *Edinburgh New Philosophy Journal* 46 (1849): 330–54.
Winch, Peter. *The Idea of a Social Science and Its Relation to Philosophy*. London: Routledge & Kegan Paul, 1958.
Wintzer, E. *Denis Papins Erlebnisse in Marburg, 1688–1695*. Marburg: N Elwert, 1898.
Withington, Phil. *Society in Early Modern England*. Cambridge: Polity, 2010.
Wittgenstein, Ludwig. *On Certainty*. Ed. GEM Anscombe and GHV Wright. Oxford: Blackwell, 1969.
———. *Philosophical Investigations*. Oxford: Blackwell, 1953.
———. 'Remarks on Frazer's Golden Bough'. In *Philosophical Occasions, 1912–1951*. Ed. JC Klagge and A Nordmann. Indianapolis: Hackett, 1993: 115–55.
———. *Tractatus Logico-Philosophicus*. London: Kegan Paul, Trench, Trubner, 1933.

Wolper, Roy S. 'The Rhetoric of Gunpowder and the Idea of Progress'. *Journal of the History of Ideas* 31 (1970): 589–98.

Womersley, David. 'Dean Swift Hears a Sermon: Robert Howard's Ash Wednesday Sermon of 1725 and *Gulliver's Travels*'. *Review of English Studies*

60 (2009): 744–62.
Wood, Paul B. 'Methodology and Apologetics: Thomas Sprat's History of the Royal Society'. *British Journal for the History of Science* 13 (1980): 1–26.
Woodward, David (ed.). *The History of Cartography*. 6 vols. Vol. 3: *Cartography in the European Renaissance*. Chicago: University of Chicago Press, 2007.
———. 'The Image of the Spherical Earth'. *Perspecta* 25 (1989): 2–15.
Woodward, John. *Dr Friend's Epistle to Dr Mead*. London: J Roberts, 1719.
Wootton, David. 'Accuracy and Galileo: A Case Study in Quantification and the Scientific Revolution'. *Journal of The Historical Society* 10 (2010): 43–55.
———. *Bad Medicine: Doctors Doing Harm Since Hippocrates*. Oxford: Oxford University Press, 2006.
———. 'Galileo: Reflections on Failure'. In *Causation and Modern Philosophy*. Ed. K Allen and T Stoneham. Routledge, 2011: 13–30.
———. *Galileo: Watcher of the Skies*. New Haven: Yale University Press, 2010.
———. 'The Hard Look Back'. *Times Literary Supplement* 14 (2003): 8–10.
———. 'Hume's "Of Miracles": Probability and Irreligion'. In *Studies in the Philosophy of the Scottish Enlightenment*. Ed. MA Stewart. Oxford: Oxford University Press, 1990: 191–229.
———. 'Hutchinson, Francis'. In *Encyclopedia of Witchcraft: The Western Tradition*. 4 vols. Vol. 2. Ed. RM Golden. Santa Barbara: ABC-CLIO, 2006: 531–2.
———. 'Liberty, Metaphor and Mechanism: "Checks and Balances" and the Origins of Modern Constitutionalism'. In *Liberty and American Experience in the Eighteenth Century*. Ed. D Womersley. Indianapolis: Liberty Fund, 2006: 209–74.
———. 'Lucien Febvre and the Problem of Unbelief'. *Journal of Modern History* 60 (1988): 695–730.
Wotton, William. *A Defense of the Reflections upon Ancient and Modern Learning*. London: Goodwin, 1705.
———. *Reflections upon Ancient and Modern Learning*. London: P Buck, 1694.
Wotton, William and Richard Bentley. *Reflections upon Ancient and Modern Learning. The Second Part, with a Dissertation upon the Epistles of Phalaris*. London: PB, 1698.
Wright, John Kirtland. *The Geographical Lore of the Time of the Crusades*. New York: American Geographical Society, 1925.
Wussing, Hans. *Die grosse Erneuerung: Zur Geschichte der wissenschaftlichen Revolution*. Basle: Birkhäuser, 2002.
Yates, Frances Amelia. *Giordano Bruno and the Hermetic Tradition*. Chicago: University of Chicago Press, 1991.

Yeomans, Donald K, Juergen Rahe and Ruth S Freitag. 'The History of Comet Halley'. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada* 80 (1986): 62–86.

Yiu, Yvonne. 'The Mirror and Painting in Early Renaissance Texts'. *Early Science and Medicine* 10 (2005): 187–210.

Yolton, John W. *Thinking Matter: Materialism in Eighteenth-century Britain*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1983.

Zambelli, Paola. '*Introduzione*'. In Alexandre Koyré, *Dal mondo del pressappoco all'universo della precisione*. Turin: Einaudi, 1967: 7–46.

Zammito, John H. *A Nice Derangement of Epistemes: Post-positivism in the Study of Science from Quine to Latour*. Chicago: University of Chicago Press, 2004.

Zanden, Jan Luiten van. *The Long Road to the Industrial Revolution*. Leiden: Brill, 2009.

Zarlino, Gioseffo. *Dimostrationi harmoniche*. Venice: Francesco de i Franceschi, 1571.

Zhmud, Leonid. *The Origin of the History of Science in Classical Antiquity*. Trans. A Chernoglazov. Berlin: Walter de Gruyter, 2006.

Zilsel, Edgar. 'The Genesis of the Concept of Scientific Progress'. *Journal of the History of Ideas* 6 (1945): 325–49.

———. 'The Origin of William Gilbert's Scientific Method'. *Journal of the History of Ideas* 2 (1941): 1–32.

———. 'The Sociological Roots of Science'. *American Journal of Sociology* 47 (1942): 544–62.